



# ***Hochschule Aalen***

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

## **Fusionstrainer und Fusionsleistung**

**Bachelor Thesis**

im Fachbereich Augenoptik  
im Studiengang Augenoptik / Augenoptik & Hörakustik  
der Hochschule Aalen  
für Technik und Wirtschaft

vorgelegt von: Alexander Biefel  
Mooswiese 2  
73565 Mooswiese  
Matrikel-Nr: 26879

Erstbetreuer: Prof. Dr. Thomas Kirschkamp  
Zweitbetreuer: Dr. Carsten Jäger

Abgabetermin: 25.10.2011

## **Erklärung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende wissenschaftliche Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine andere als die angegebene Literatur benutzt habe. Alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehnenden Ausführungen meiner Arbeit sind besonders gekennzeichnet. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Mooswiese, den 25.10.2011

Alexander Biefel

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all den Menschen bedanken, die mir dies ermöglichten. An erster Stelle ganz besonders Herrn Thomas Kirschkamp, meinen Betreuer von der HTW Aalen, der VISUS GmbH, die mir die Tests zur Verfügung stellten. Speziell Frau Luong, die mein Ansprechpartner von Seiten der Firma darstellte. Herrn Carsten Jäger, der in Zusammenarbeit mit mir die statistische Analyse durchführte. Die HTW Aalen, die mir ihre Räumlichkeiten zur Durchführung dieser Thesis zur Verfügung stellt, und ein ganz besondere Dank den Studenten der HTW Aalen, speziell dem Studiengang Augenoptik / Augenoptik und Hörakustik. Denn neben der Teilnehmerzahl, die ausschließlich von diesen Studiengängen kam, nahmen sich diese Personen auch extra die Zeit, damit diese Thesis auch durchgeführt werden konnte.

## **Abstract**

In dieser Bachelorthesis geht es um den Vergleich von Fusionstrainern. Dabei wurde an 61 Studenten mit fünf verschiedenen Fusionstrainer untersucht, ob eine Rangfolge dieser Trainer festzulegen ist. Diese Tests dienen zur Bestimmung der Fusionsbreite in der Nähe, aber auch therapeutischen Zwecken, um diese zu erhöhen. Eine der wichtigen Kernfragen, die mit Hilfe dieser Abschlussarbeit geklärt werden sollte, war, ob der Mehrpreis für die polarisierenden Teste gerechtfertigt ist. Nach der Festlegung der Probandenauswahl und des Ablaufschemas wurden die Messungen für diese Pilotstudie durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Abschlussarbeiten zeigen, dass die großen Fusionstrainer für höhere Ergebnisse sorgen, da sie eine geringere Belastung für die Probanden darstellen. Zusätzlich schneiden die polarisierten Teste besser als die rot-grünen ab – mit Ausnahme des kleinen Polarisations-tests. Dieser wird von der Visus GmbH nun überarbeitet und in neuer Form erscheinen. Ebenfalls zeigt sich deutlich, dass eine gute Sehleistung eine Grundvoraussetzung ist, um ein gutes Ergebnis zu erzielen. Da diese Tests sich in der Nähe abspielen, schneiden hier die kurzsichtigen Probanden besser ab, als die Anderen. Das Korrekturmittel scheint auch Einfluss auf die Leistung zu nehmen, jedoch war hier teilweise die Probandengruppe zu klein. Höhere sphärische Fehlsichtigkeit, Astigmatismus und schiefe Achslagen führen ebenfalls zu verminderten Ergebnissen. Einige andere Unsicherheitsfaktoren, wie zu kurze Pausen, visueller Stress über den Tag und verschiedene Tageszeiten nehmen ebenfalls Einfluss auf die Messdaten. Eine Reihenfolge ist somit nicht wirklich feststellbar.

## Inhalt

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Erklärung.....</b>  | <b>I</b>    |
| <b>Danksagung.....</b>   | <b>II</b>   |
| <b>Abstract.....</b>   | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>                             | <b>VI</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>                               | <b>VII</b>  |
| <b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>                     | <b>VIII</b> |
| <b>1 Einleitung.....</b>                                       | <b>1</b>    |
| <b>2 Theoretische Grundlagen.....</b>                          | <b>3</b>    |
| 2.1 Anatomische Grundlagen .....                               | 3           |
| 2.2 Das Zyklopenauge.....                                      | 3           |
| 2.3 Bedingungen des binokularen Einfachsehens.....             | 4           |
| 2.3.1 Durch Korrektur beeinflussbare Bedingungen .....         | 4           |
| 2.3.2 Nicht korrigierbare Bedingungen .....                    | 5           |
| 2.4 Qualitätsstufen des beidäugigen Sehens .....               | 6           |
| 2.4.1 Monokularsehen (Stufe 1) .....                           | 6           |
| 2.4.2 Alternativsehen (Stufe 2).....                           | 6           |
| 2.4.3 Simultansehen (Stufe 3).....                             | 6           |
| 2.4.4 Fusion (Stufe 4).....                                    | 6           |
| 2.4.5 Stereopsis / querdissparates Tiefensehen (Stufe 5) ..... | 7           |
| 2.5 Die Trennverfahren.....                                    | 8           |
| 2.5.1 Trennung mit Polarisationsfiltern .....                  | 8           |
| 2.5.2 Anaglyphentrennung .....                                 | 9           |
| 2.6 Die Tests .....  | 11          |
| 2.6.1 Wurfing-Test .....                                       | 11          |
| 2.6.2 Gem-Test .....   | 13          |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.6.3    | Polarisationstest klein.....                             | 15        |
| 2.6.4    | Rot-Grün-Test groß .....                                 | 16        |
| 2.6.5    | Rot-Grün-Test klein .....                                | 17        |
| <b>3</b> | <b>Material und Methode .....</b>                        | <b>19</b> |
| 3.1      | Die Probandenauswahl.....                                | 19        |
| 3.2      | Testdurchführung .....                                   | 20        |
| 3.3      | Kriterien für ordnungsgemäße Durchführung der Tests..... | 22        |
| 3.3.1    | Ablaufplan .....   | 22        |
| 3.3.2    | Messfehler und Einflussfaktoren .....                    | 23        |
| 3.3.3    | Feedbackmechanismen .....                                | 26        |
| <b>4</b> | <b>Ergebnisse.....</b>                                   | <b>30</b> |
| 4.1      | Übersicht Mittelwerte .....                              | 30        |
| 4.2      | Die Korrelation .....                                    | 33        |
| 4.3      | Visusabhängigkeit .....                                  | 34        |
| 4.4      | Analyse der Messergebnisse.....                          | 35        |
| <b>5</b> | <b>Diskussion.....</b>                                   | <b>38</b> |
| <b>6</b> | <b>Ausblick .....</b>                                    | <b>44</b> |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                        | <b>46</b> |
| <b>8</b> | <b>Anhang.....</b>                                       | <b>48</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Polarisationsstrennverfahren.....         | 9  |
| Abbildung 2: Anaglyphentrennverfahren .....            | 10 |
| Abbildung 3: Wurfring Test.....                        | 12 |
| Abbildung 4: Gem Test.....                             | 14 |
| Abbildung 5: Polarisationsstest klein.....             | 15 |
| Abbildung 6: Rot Grün Test (groß) .....                | 16 |
| Abbildung 7: Rot Grün Test (klein) .....               | 18 |
| Abbildung 8: Wurfringseite R.....                      | 12 |
| Abbildung 9: Wurfringseite L .....                     | 13 |
| Abbildung 10: Fusionskontrolle 1 & 2 .....             | 13 |
| Abbildung 11: Gem Test R .....                         | 14 |
| Abbildung 12: Gem Test L.....                          | 15 |
| Abbildung 13: Polarisationsstest (rechts / links)..... | 16 |
| Abbildung 14: Rot Grün Test (rechts).....              | 17 |
| Abbildung 15: Rot Grün Test (links) .....              | 17 |
| Abbildung 16: Rot Grün Test (klein, rechts) .....      | 18 |
| Abbildung 17: Rot Grün Test (klein, links) .....       | 18 |
| Abbildung 18: Mittelwerte Diplopie .....               | 31 |
| Abbildung 19: Mittelwerte Recoverypunkt .....          | 32 |

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung des Alters .....20

Tabelle 2: Korrelationstabelle .....33

Tabelle 3: Visustabelle .....34



## Formelzeichen und Abkürzungen

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 3-D  | dreidimensional                       |
| cm/m | Zentimeter pro Meter                  |
| cyl  | Zylinder                              |
| DP   | Diplopiepunkt                         |
| dpt  | Dioptrie                              |
| HTW  | Hochschule für Technik und Wirtschaft |
| L    | Links                                 |
| R    | Rechts                                |
| R+G  | rot und grün                          |
| RP   | Recoverypunkt                         |
| sph  | Sphäre                                |

# 1 Einleitung

In der Augenoptik und Ophthalmologie findet das Bildtrennungsverfahren häufig Anwendung. Gerade bei der Sehstärkenbestimmung stellt es einen elementaren Baustein für die genaue Bestimmung der Brillenglasstärke dar. Neben der Brillenglasstärke sind Akkommodation, Konvergenz und Fusionsbreite des Kunden von großer Bedeutung. Die Fusionsbreite ist in dieser Bachelorthesis genauer untersucht worden. Sie dient therapeutischen aber auch diagnostischen Zwecken.

Die untersuchten Fusionstrainer dienen diagnostischen Zwecken zur Feststellung der Fusionsbreite, aber auch therapeutischen Zwecken zur Erhöhung dieser Breiten. Zur Umsetzung dieser Fusionstrainer sind zwei Methoden der Bildtrennung möglich. In dieser Pilotstudie wurde untersucht, ob die Bildtrennung mit Hilfe der Polarisierung oder Anaglyphen einen signifikanten Unterschied darstellt. Die Kosten des Polarisationsverfahrens sind dabei um den Faktor 10 höher als die der Anaglyphentrennung. Das Ziel dieser Bachelorthesis ist festzustellen, ob das Polarisationsverfahren neben dem Mehrkostenfaktor auch eine höhere Leistungsfähigkeit garantiert.

Von der Firma Visus, einem Unternehmen, das neben einem Contactlinsenstudio innovative Sehprodukte herstellt und vertreibt, wurden durch den Inhaber, Herrn Peter Fanti, hierzu fünf Tests zur Verfügung gestellt. Es waren drei davon mit Bildtrennung durch Polarisierung und zwei durch Anaglyphen unter Zuhilfenahme einer Polarisations- oder Rot-Grün-Brille. Diese Tests sind so konzipiert worden, dass Sie jederzeit dem Probanden zum Üben mitgegeben werden können. Durch Übungen mit diesen Trainern sollen der maximale Ausschlag (Amplitude) und die Vergenzflexibilität deutlich gesteigert werden. Dabei sind die Tests in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden erhältlich und ermöglichen es, den Schwierigkeitsgrad an den jeweiligen Probanden anzupassen.

Die Probandenanzahl lag bei 61 Personen. Die gemessenen Parameter wurden statistisch auf Signifikanz untersucht und quantitativ miteinander verglichen.

## **2 Theoretische Grundlagen**

### **2.1 Anatomische Grundlagen**

Das Augenpaar befindet sich in einer Augenhöhle. Diese ist aufgebaut wie eine Kapsel, in der die Augäpfel sich wie in einer Pfanne bewegen können. Die Augenbewegungen sind durch zwei schräge und vier gerade Augenmuskeln möglich. Diese ermöglichen die Durchführung gleichsinniger Augenbewegungen (Blickbewegungen) und gegensinniger Augenbewegungen (Konvergenz- und Divergenzbewegungen). Dabei sind die gegensinnigen Augenbewegungen komplett willkürlich gesteuert und die gleichsinnigen mit gewissen Einschränkungen willentlich gesteuert. Die komplizierten Gesetze der Augenbewegungen und welche Muskelpaare dafür beansprucht werden, sind bereits im vergangenen Jahrhundert eingehend untersucht und beschrieben worden [TRO-85, GLA-69, TRE-61, SCH-57/64] und in dieser Form auch heute noch größtenteils unverändert gültig [DIE-04, S.74 f.].

### **2.2 Das Zyklopenauge**

Dass wir zwei Augen haben, ist uns schon immer bewusst, beim Betrachten von Bildern wird uns das jedoch nie so bewusst. Denn hier hat es den Anschein, als besitzt der Mensch ein Auge an der Nasenwurzel. Dieser Eindruck wird uns dank mehrerer Faktoren vermittelt. Im Normalfall werden die ankommenden beiden Bilder im Sehzentrum zu einem Gemeinschaftsbild vereint. Der Seheindruck des einen Auges (Zyklopenauge) verschwindet, sobald wir eines der beiden Augen schließen oder abdecken. Die Rede ist hier von einem Zyklopenauge. Der Begriff lehnt sich an die griechische Mythologie an, nach dieser waren die Zyklopen Riesen mit nur einem Auge. Um diesen Eindruck zu erhalten, müssen beide Augen so zur Mitte hin ineinander geschoben werden, dass die Netzhautmitten zur Deckung kommen. Doch im Vergleich zu nur einem Auge haben die beiden deckungsgleichen Bilder zwei Vorteile [DIE-04, S.75]:

Die Unvollkommenheit des jeweils anderen Auges gleicht das Gegenauge aus. Dadurch ist die Sehleistung der beiden Augen zusammen meist auch höher als ein einzelnes Auge betrachtet [DIE-04, S.75].

Beide Augen haben die Fähigkeit des querdissparaten Tiefensehens. Somit ist das subjektive Bild dreidimensional [DIE-04, S.75].

## **2.3 Bedingungen des binokularen Einfachsehens**

Um die Verschmelzung der beiden Einzelbilder einwandfrei gewährleisten zu können, müssen beide Augen fein aufeinander abgestimmt sein, da gerade bei Blickbewegungen, aber auch Konvergenz- und Divergenzbewegungen zur Fixation von Objekten in unterschiedlichen Entfernungen eine Fusion ermöglicht werden soll. Daher sollten eine Reihe von Bedingungen erfüllt werden, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen [DIE-04, S.75 f.]: Durch Korrektur beeinflussbare Bedingungen und nicht korrigierbare Bedingungen.

### **2.3.1 Durch Korrektur beeinflussbare Bedingungen**

Um binokulares Einfachsehen zu gewährleisten, müssen folgende korrigierbare Bedingungen erfüllt werden:

Beide Augen müssen sich im gleichen Refraktionszustand befinden. Die Bilder müssen mit bestmöglicher Korrektur auf die beiden Netzhäute treffen [DIE-04, S.76].

Die wahrgenommenen Einzelbilder müssen möglichst deckungsgleich sein und nach Möglichkeit gleiche Größe und Form besitzen. Dies hängt jedoch auch von der notwendigen Korrektur ab [DIE-04, S.76].

Die Fixierlinien beider Augen müssen sich im angeblickten Objektpunkt schneiden. Denn nur dann fallen beide Fixierlinien in den Punkt schärfsten

Sehens (Fovea centralis). Hierfür ist eine perfekte Brillenzentrierung erforderlich. Stellungsanomalien können über prismatische Gläser oder absichtliches Dezentrieren ausgeglichen werden [DIE-04, S.76].

Die Netzhautbilder müssen annähernd gleich gefärbt sein. Getönte Brillengläser können hier das binokulare Einfachsehen stören oder komplett aufheben [DIE-04, S.76].

### **2.3.2 Nicht korrigierbare Bedingungen**

Zu den nicht korrigierbaren Bedingungen zählen folgende:

Die Bildqualität muss annähernd gleich hoch sein, z.B. können Linsentrübungen das binokulare Einfachsehen sehr belasten [DIE-04, S.76].

Die Bilder auf korrespondierenden Netzhautstellen, d.h. Netzhautstellen mit gleichen Richtungswerten, müssen vom Sehzentrum aus fusionierbar sein [DIE-04, S.76].

Beide Netzhäute und Sehbahnen der beiden Augen müssen voll funktionsfähig sein [DIE-04, S.76].

Die genannten drei nicht korrigierbaren Bedingungen haben nichts mit einer Fehlsichtigkeit zu tun. Sie sind demnach auch nicht mit einer Korrektionshilfe zu beeinflussen. Bei Epilepsie oder Gehirntumoren kann es zu einer der oben stehenden Störung kommen. Gesunde Augenpaare sind meist nicht davon betroffen. Daher wurde bei der Thesis auch darauf geachtet, nur gesunde Augenpaare auszuwählen [DIE-04, S.76].

## **2.4 Qualitätsstufen des beidäugigen Sehens**

Sollten eine oder mehrere der oben genannten Bedingungen nicht oder nur unvollkommen erfüllt sein, kommt es zu einem geminderten Binokularsehen. Um das Sehen besser zu unterteilen, unterscheidet man meist die folgenden Qualitätsstufen [DIE-04, S.76]:

### **2.4.1 Monokularsehen (Stufe 1)**

Nur eines der beiden Augen wird zum Sehen benutzt. Das andere ist entweder blind oder wird vom Sehzentrum funktionell mindestens bezüglich des zentralen Sehens ausgeschaltet, um unvereinbare Bilder (z.B. Doppelbilder beim Schielen) zu vermeiden. Dabei kann jedes Auge für sich durchaus voll funktionsfähig sein, obwohl dieser Fall selten ist [DIE-04, S.77].

### **2.4.2 Alternativsehen (Stufe 2)**

Es werden zwar beide Augen zum Sehen benutzt, dies aber nicht gleichzeitig, sondern zumindest im Bereich des zentralen Sehens abwechselnd. Typisch ist der Fall, dass ein Prüfling ein annähernd rechtsichtiges Auge für die Ferne und das andere mehr kurzsichtige Auge für die Nähe benutzt. Dies ist ihm vielfach nicht bewusst. Wenn er älter wird, ist er erfreut, keine Lesebrille zu benötigen [DIE-04, S.77].

### **2.4.3 Simultansehen (Stufe 3)**

Beide Augen werden gleichzeitig benutzt. Die Einzelbilder werden dennoch nicht zu einem Gemeinschaftsbild verschmolzen. Der Prüfling nimmt Doppelbilder wahr [DIE-04, S.77].

### **2.4.4 Fusion (Stufe 4)**

Beide Einzelbilder werden zu einem Gemeinschaftsbild verschmolzen. Vielfach sind die beiden Seheindrücke nicht ganz gleichwertig, weil ein Auge einen gewissen Vor-

rang besitzt. Hier ist die Rede von einem ausgeprägten Führungsauge [DIE-04, S.77].

In dieser Thesis wird das fusionierte Bild so lange mit Basis innen und außen belastet, bis es zum Aufreißpunkt, dem sogenannten Diplopiepunkt (DP), kommt. Dieser Punkt ist erreicht, sobald der Proband angibt, eine Bildverdoppelung zu sehen. Der Punkt ohne prismatische Belastung bis zur Bildverdoppelung beinhaltet die Fusionsbreite des jeweiligen Probanden. Zusätzlich ist der Recoverypunkt (RP) untersucht worden. Dieser Punkt ist die Verschiebung der Bilder in die entgegengesetzte Richtung. Dabei nimmt die prismatische Belastung stetig ab, bis der Proband ein einzelnes fusioniertes Bild wieder erkennt.

#### **2.4.5 Stereopsis / querdisparates Tiefensehen (Stufe 5)**

Ein dreidimensionaler Seheindruck entsteht, indem das Sehzentrum eine Auswertung kleiner Unterschiede in den Netzhautbildern vornimmt (Querdissparationen). Verschuldet sind diese Bilder durch die unterschiedliche Lage beider Augen relativ zum Objekt. Dies ist die höchste Stufe des Binokularsehens, die schon durch kleine Unvollkommenheiten des Augenpaares oder der Korrektur geschwächt wird. Wir können nicht einfach vom Tiefensehen sprechen, sondern müssen den Ausdruck „querdissparates Tiefensehen“ benutzen, weil daneben auch monokulare Tiefeneindrücke möglich sind [DIE-04, S.77].

Durch eine geeignete Korrekturmaßnahme kann die Qualität des Binokularsehens angehoben werden, um beispielsweise mit einer geeigneten prismatischen Korrektur von Stufe 4 auf Stufe 5 zu gelangen [DIE-04, S.77].

Für die von der Firma VISUS verwendeten Fusionstrainer wurden nur Probanden mit gutem Binokularsehen getestet, da ohne Stereopsis diese Tests nicht durchführbar sind.



## 2.5 Die Trennverfahren

Die unten beschriebenen Trennverfahren halten nicht nur Einzug in die Augenoptik, auch andere Bereiche machten sich bereits diese Techniken zu Nutze. In der Mikroskopie werden beispielsweise Polarisationsfilter eingesetzt, um Strukturen besser sichtbar zu machen. Auch die Fotografie arbeitet mit dieser Art von Filtern, die eine Vielzahl von Vorteilen bietet. So verschwinden unerwünschte Reflexionen von glatten nichtmetallischen Gegenständen und die Farbintensität wird erhöht. Die Farben des Regenbogens kommen entweder voll zur Geltung oder aber er verschwindet völlig, je nach Stellung des Polarisationsfilters. Weitere Verwendungszwecke findet das Trennverfahren in der Spannungsoptik zur Kontrolle von Spannung und Spannungsspitzen. Aber auch in Flüssigkristallbildschirmen kommen diese zum Einsatz. Die Augenoptik nutzt diese Technik für Sonnenbrillen und als Trennverfahren bei der Augenüberprüfung [DMA-11].

### 2.5.1 Trennung mit Polarisationsfiltern

Dabei setzen die Polarisationsfilter auf eine Brille mit unterschiedlich eingearbeiteten Polarisationsfiltern. In der hierfür benötigten 3-D-Brille befindet sich somit ein senkrecht und ein waagrecht polarisiertes Brillenglas, wie aus der Abbildung 1 ersichtlich ist. Die Besonderheit dieser Brillengläser liegt darin, dass sie das Licht nur teilpolarisiert hindurch treten lassen. Darunter ist zu verstehen, dass die Lichtwelle, die sich vor dem Brillenglas in alle Richtungen ausgebreitet hat, durch den Polarisationsfilter nur noch eine Ausbreitungsrichtung erfährt. Die Gläser sind dann aufeinander abgestimmt, so dass dem einen Auge nur vertikal polarisierte und dem anderen Auge nur horizontal polarisierte Lichtwellen als Information dienen. Um jedoch eines dieser Bilder synchron vor beide Augen zu bekommen, müssen bestimmte Kriterien eingehalten werden. Bei einem Projektor müssen vor das Objektiv ebenfalls 2 polarisierte Filter vorgehalten werden, um dem rechten und linken Auge auch nur das rechte und linke Bild anzuzeigen. Bei Kinoleinwänden, Büchern und Tests wird mit einer speziell beschichteten Leinwand gearbeitet [DMA-11].

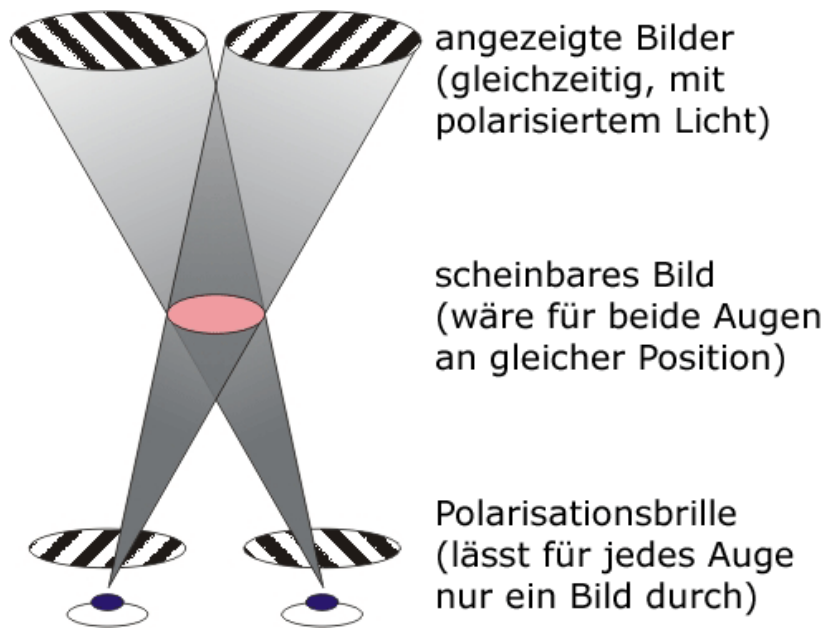


Abbildung 1: Polarisationsstrennverfahren [DMA-11a]

### - *variable Vektogramme*

Genau wie die variablen Tranaglyphen bestehen diese Tests aus zwei Kunststoffplatten. Diese werden besonders bedruckt, dass ein Auge nur die horizontalen Lichtwellen und das andere Auge nur die vertikalen Lichtwellen als Information wahrnehmen kann. Durch dieses spezielle Druckverfahren ist diese Testart sehr kostenaufwändig. Diese Testarten wurden ebenfalls genauer in dieser Thesis untersucht [DOZ-11a, S.69f.].

## 2.5.2 Anaglyphentrennung

Die wohl bekannteste und beliebteste Technik der Bildtrennung ist die Anaglyphentrennung, die reichlich Niederschlag in der Literatur findet und sich daher großer Bekanntheit unter den Praktikern erfreut. Im Gegensatz zu Polarisationsfiltern entsteht hierbei die Bildtrennung jedoch über einen grünen und roten Farbfilter, die sich in der Brille befinden. Die Bilder sind so zusammengesetzt, dass sie für jedes einzelne Auge mit der Brille beobachtbar sind, da der Rest des Bildes verschwindet. Der Unterschied der beiden ist, dass bei diesem Verfahren die stereoskopischen Halbbilder

nicht nebeneinander entstehen, sondern sich überlagern. In der neueren Zeit verwendet man für solche Bilder jedoch weniger Rot-Grün-Filter als Trenner, sondern mehr Rot-Cyan-Filter. Cyan besteht zu gleichen Teilen aus Grün und Blau. Dies ermöglicht eine bessere Farbdarstellung, siehe Abbildung 2 [DMA-11].

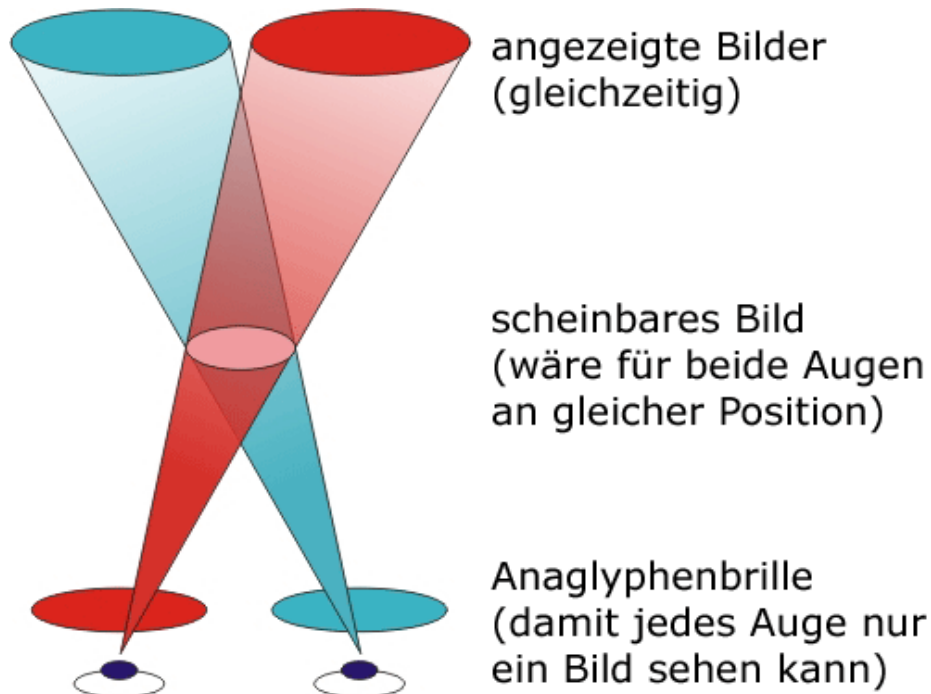


Abbildung 2: Anaglyphentrennverfahren [DMA-11b]

Die Tranaglyphentrennung differenziert zwei Arten der Bildtrennung.

### 2.5.2.1 Feste Tranaglyphen

Feste Tranaglyphen bestehen aus einer Kunststoffplatte, auf der sich sowohl die roten als auch die grünen Testobjekte befinden. Insgesamt sind es sechs Testobjekte, die eine feste Disparität haben. Die Übungen mit festen Tranaglyphen erfordern eine sprunghafte Änderung der Vergenz und haben daher einen höheren Schwierigkeitsgrad als variable Tranaglyphen [SCH-94, S.147f.].

### 2.5.2.2 Variable Tranaglyphen

Die variablen Tranaglyphen bestehen aus zwei Kunststoffplatten. Auf der einen befinden sich nur die roten Testobjekte, auf der zweiten Kunststoffplatte nur die grünen

Testobjekte. Für diese Bachelorthesis wurden nur variable Tranaglyphen verwendet [SCH-94, S.145].

## **2.6 Die Tests**

Zur Bestimmung der Phoriebreite in der Nähe gibt es verschiedene Verfahren, nicht nur von der Bildtrennung, wie im vorangegangenen Abschnitt bereits zu lesen war, sondern auch von der Testart selbst. In den Vektogramm- und den Random-Dot-Tests wird auf variable Testobjekte gesetzt.

Die Firma VISUS GmbH stellte für diese Abschlussarbeit fünf Fusionstrainer zur Verfügung. Dabei handelt es sich um drei variable Vektogrammtests, bei deren Herstellung ein besonderes Druckverfahren verwendet wird, um stereoskopisches Sehen zu ermöglichen. Und zwei variable Tranaglyphentests. Die Tests hatten unterschiedliche Anforderungen, die die Probanden meistern mussten. Es wurde darauf geachtet, dass die verwendeten Tests alle mit einem zentralen Reiz und einer peripheren Fusion ausgestattet sind.

### **2.6.1 Wurfiring-Test**

Dieser Test stellt den vom Schwierigkeitsgrad am geringsten einzustufenden variablen Vektogrammtest dar. Oben an den beiden Kreisen ist jeweils ein Viereck angebracht, in dem die Fusionskontrolle des Probanden als Kreuz erscheint. Dies lässt sich der Abbildung 3 entnehmen. Der Proband soll so lange die Kreise voneinander weg bewegen, bis das Kreuz kein Kreuz mehr darstellt oder der Kreis nicht mehr einfach gesehen wird. Die Abbildungen 4, 5 und 6 stellen die einzelnen Testobjekte dar.



Abbildung 3: Wurftring Test



Abbildung 4: Wurftringseite R

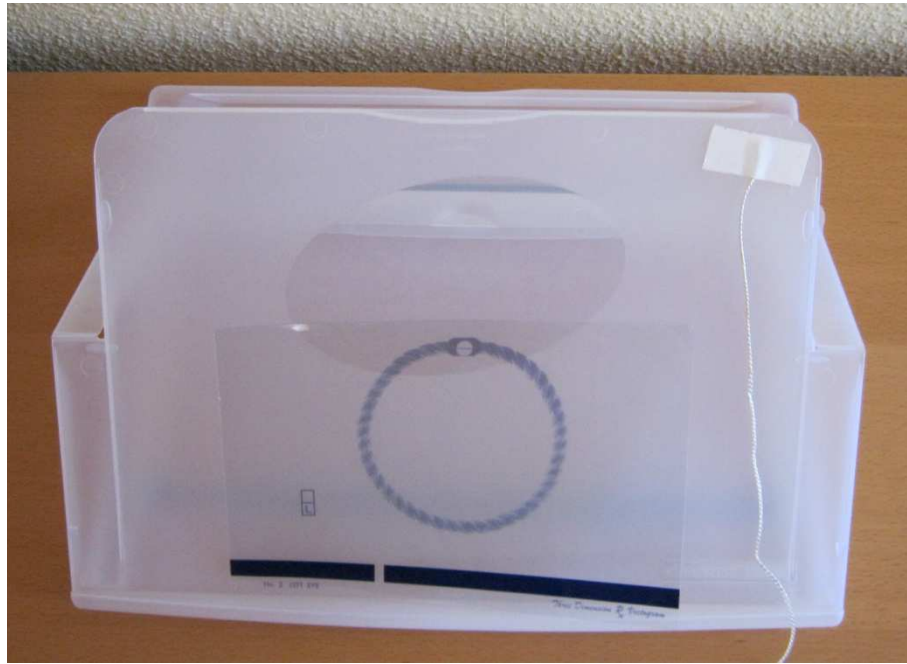


Abbildung 5: Würfringseite L

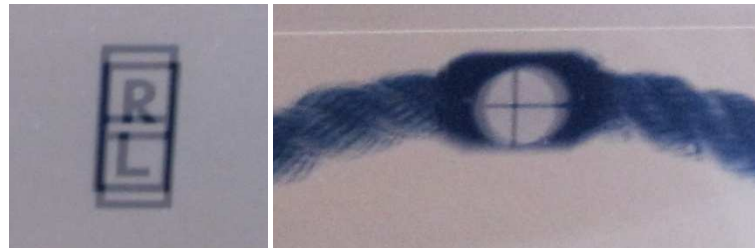


Abbildung 6: Fusionskontrolle 1 & 2

### 2.6.2 Gem-Test

Der Gem-Test ist ein weiterer Test der variablen Vektogramme. Der Schwierigkeitsgrad dieses Tests ist anspruchsvoller, da die bedruckte Kunststoffscheibe mehrere Feinheiten bietet, die der Abbildung 7 entnommen werden können. Die Fusionskontrolle bildet hier das im Viereck auf der rechten Seite befindliche Kreuz und die darunter liegenden Kennzeichnungen R und L. Die beiden Testbilder werden solange auseinander bewegt, bis die Kreise doppelt gesehen werden oder eine der Kontrollen

nicht mehr sichtbar ist. Die einzelnen Bestandteile dieses Tests sind in Abbildung 8 und 9 aufgeführt.

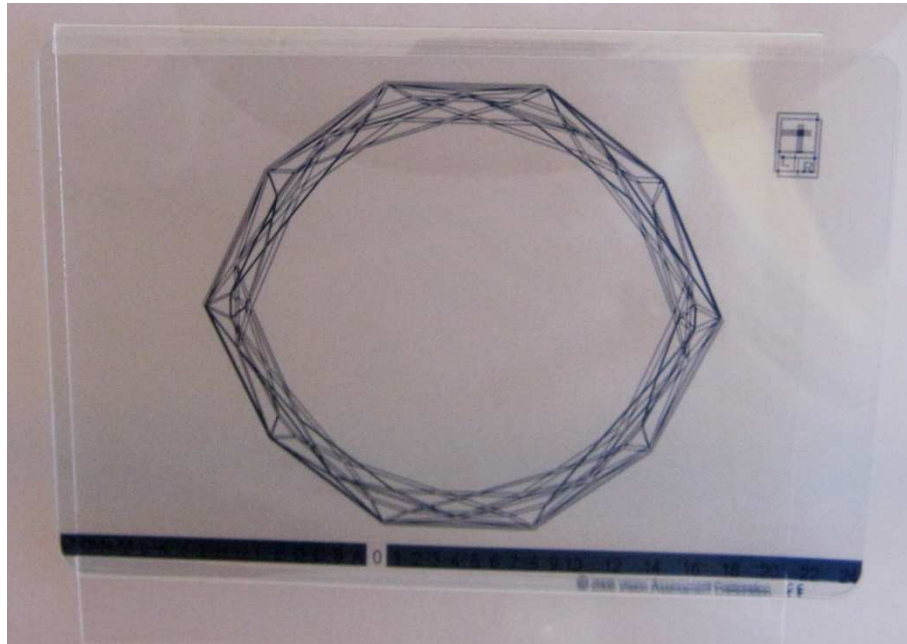


Abbildung 7: Gem Test

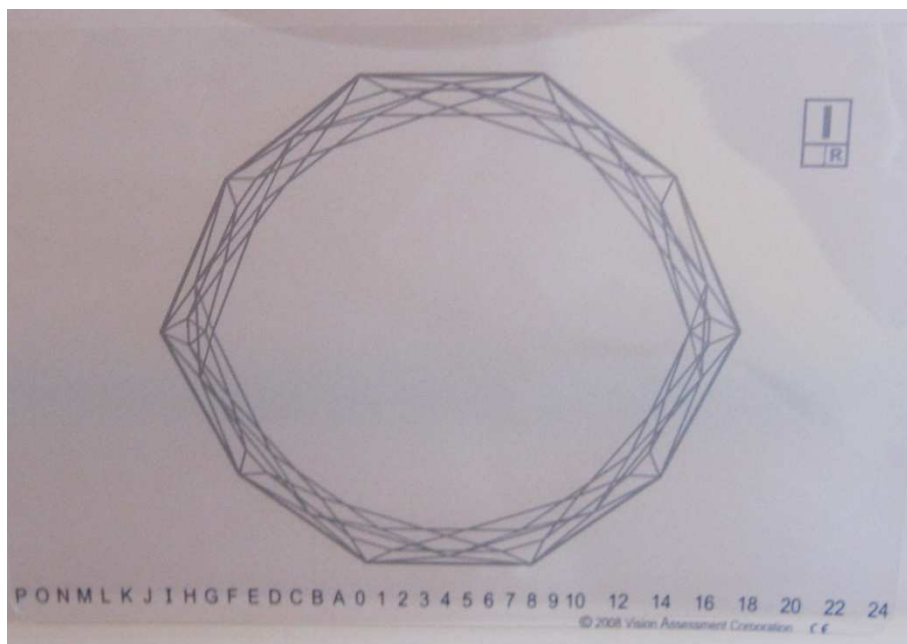


Abbildung 8: Gem Test R



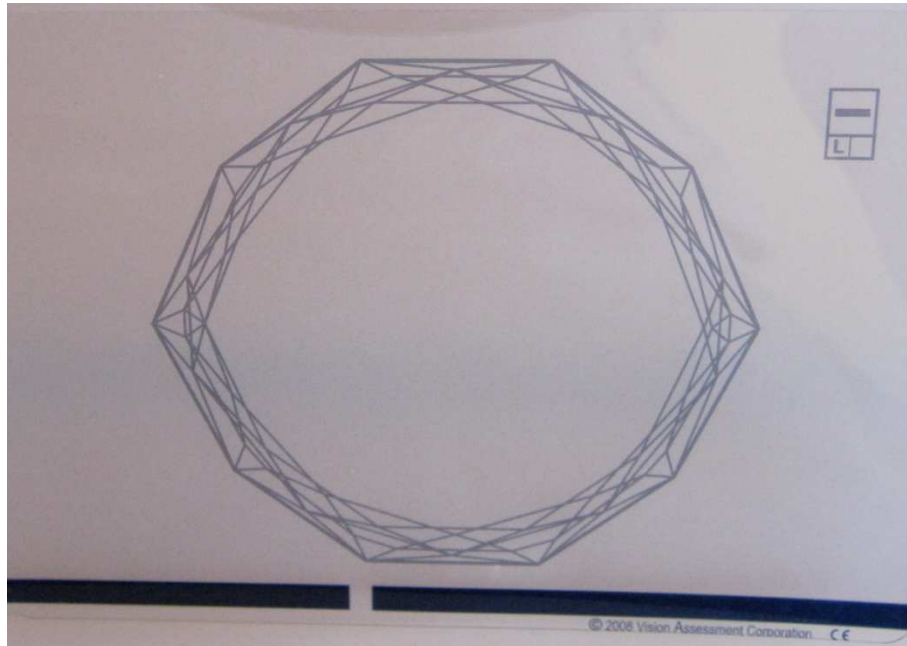


Abbildung 9: Gem Test L

## 2.6.3 Polarisisationstest klein

Dieser variable Vektogramm-Test stellt den höchsten Schwierigkeitsgrad für die Probanden dar. Denn die Feinheiten der bedruckten Kunststoffscheibe sind hier sehr schwer aufzulösen, siehe Abbildung 10. Hierbei fungiert das Viereck mit der Aufschrift R und L als Fusionskontrolle. Sollte dies nicht mehr zu sehen sein oder sich die Kreise bei der Bewegung nach außen sich verdoppeln, ist das Fusionsende in dieser Richtung erreicht. Der Testaufbau ist in der Abbildung 11 nochmals in den Einzelheiten zu erkennen.



Abbildung 10: Polarisisationstest klein



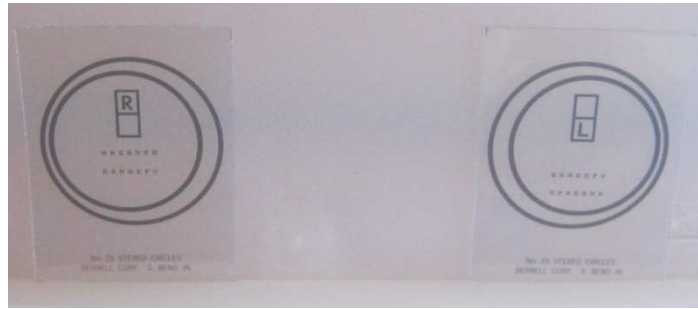


Abbildung 11: Polarisisationstest (rechts / links)

## 2.6.4 Rot-Grün-Test groß

Dieser Test gehört zu den variablen Tranaglyphen-Tests bei zentraler Fusion. Die Fusionskontrolle stellt dabei das X dar. Diese Testmethode ist für die Peripherie ausgelegt und vom Schwierigkeitsgrad vergleichbar mit dem Wurfiring-Test. Die beiden Kreise aus Abbildung 12 werden solange auseinander gezogen, bis entweder das X doppelt erscheint oder aber die Kreise sich anfangen zu verdoppeln. Der Aufbau dieses Testverfahrens ist in Abbildung 13 und 14 zu erkennen.



Abbildung 12: Rot Grün Test (groß)



Abbildung 13: Rot Grün Test (rechts)

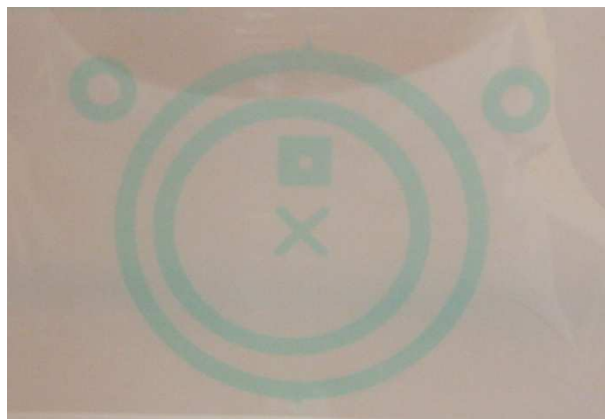


Abbildung 14: Rot Grün Test (links)

### 2.6.5 Rot-Grün-Test klein

Der fünfte und abschließende Test ist vom Anspruch an das Fusionsvermögen des Probanden her genauso hoch einzuschätzen wie der Polarisations-Test klein, daher stellen diese beiden Tests den höchsten Anspruch dar, siehe Abbildung 15. Dieser Test beinhaltet ebenfalls eine zentrale Fusion, in der sich die Fusionskontrolle befindet. Das Ende der Messung ist erreicht, sobald das X oder die beiden Kreise bei der Bewegung auseinander doppelt werden. Die Inhalte dieses Tests sind den Abbildungen 16 und 17 zu entnehmen.



Abbildung 15: Rot Grün Test (klein)

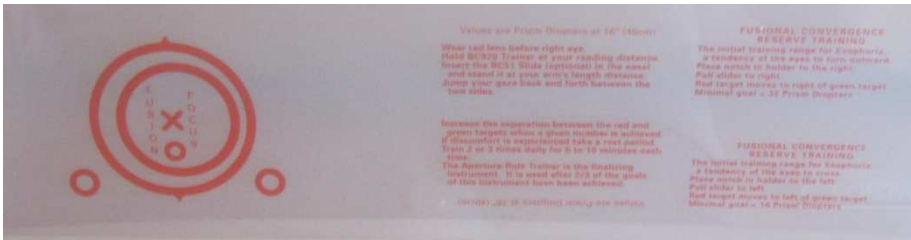


Abbildung 16: Rot Grün Test (klein, rechts)



Abbildung 17: Rot Grün Test (klein, links)

### 3 Material und Methode

In diesem Abschnitt geht es um die Kriterien der Probandenauswahl. Darüber hinaus werden die verwendeten Tests noch einmal genauer vorgestellt und beleuchtet. Mögliche Einflussfaktoren und Faktoren, die zu Messfehlern führen können, werden erläutert. Da bereits im Ansatz Fehler auftreten können, wird der Ablaufplan genauer besprochen. Die vorgestellten Tests dienen der klinischen und optometrischen Anwendung und beinhalten zum einen Kontrollen, die zur Überprüfung des binokularen Seheindrucks dienen, und zum anderen weitere Feedbackmechanismen, die gerade für ein Visualtraining von grundlegender Bedeutung sind.

#### 3.1 Die Probandenauswahl

Für die Durchführung dieser Studie wurden 61 Studenten der HTW Aalen im Fachbereich Augenoptik / Augenoptik & Hörakustik vermessen. Die Probanden befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im Alter zwischen 18 und 26 Jahren und wurden in 38 weiblich und 23 männliche Personen unterteilt. Die Ein- bzw. Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie wurden im Vorfeld wie folgt festgelegt:

- keine Einnahme von Medikamenten
- keine Augenerkrankungen oder Augenoperationen
- keine Gesichtsfeldausfälle
- ausschließlich Studenten
- intaktes Binokularsehen
- Visusungleichgewicht  $\leq 2$  Visusstufen
- Visus mit Korrektur mindestens 0,8
- Refraktion: sph +5,0 dpt bis -5,0 dpt cyl 0 dpt bis -2,0 dpt
- Refraktionsungleichgewicht  $\leq \pm 2,0$  dpt
- Horizontalphorie:  $\leq 6$  sowohl Kreuz als auch Maddox Test
- Vertikalphorie  $\leq 2$  sowohl Kreuz als auch Maddox Test

- Überrefraktion:  $\leq 0,75$  dpt

In Grafik 1 ist die Altersverteilung der 61 vermessenen Probanden dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass bis einschließlich 22 Jahren 38 Probanden und 23 Probanden bis 26 Jahren teilgenommen haben.

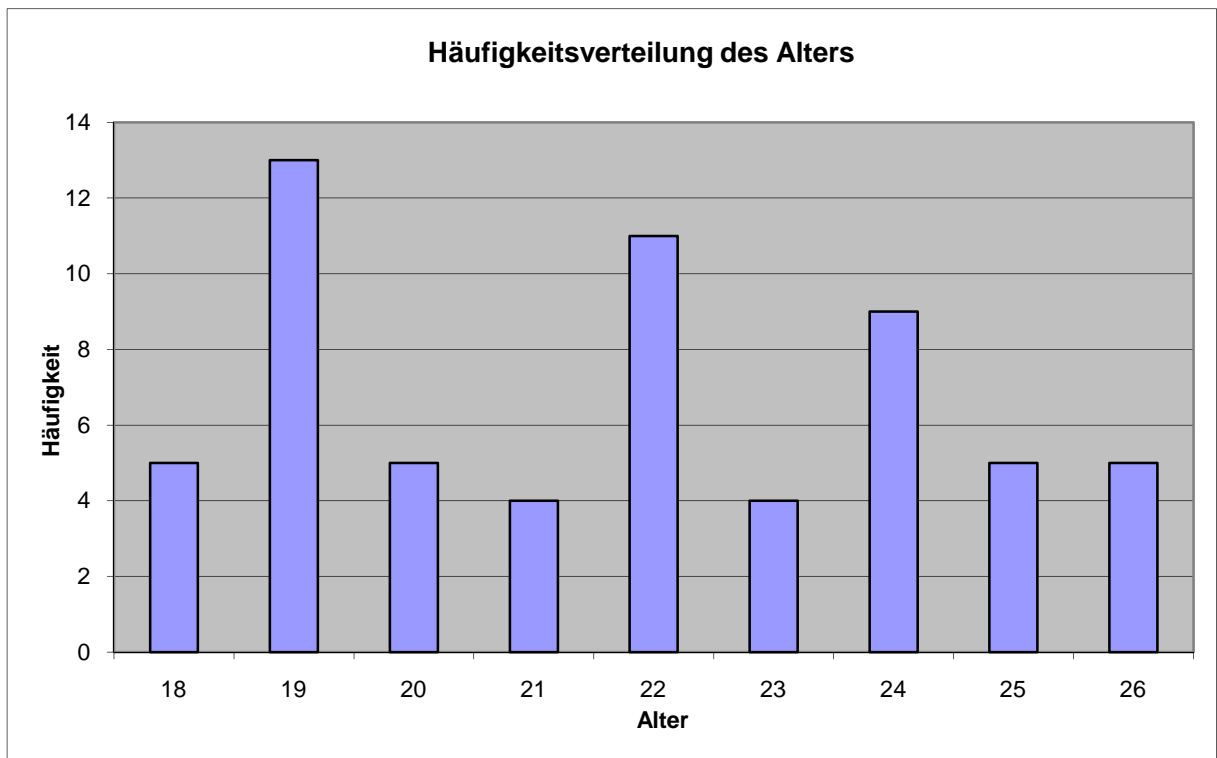


Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung des Alters

### 3.2 Testdurchführung

Für die Fehlerminimierung ist es von großer Bedeutung, die Tests richtig und sicher durchzuführen. Der Testleiter setzt dem Probanden zuerst die jeweilige Brille für den gewünschten Test auf. Nun soll der Proband seinen Seheindruck beschreiben. Der Prüfling soll sich zunächst auf die beiden Kreise konzentrieren und darauf achten, ob es ihm gelingt, sie zu einem Kreis zu vereinen. Die Begriffe Divergenz und Konvergenz sollten dem Probanden anhand der Bewegung der obersten Kunststoffscheibe nach rechts und links erläutert werden. Die Messung erfolgt in einem festen Abstand

von 40 cm. Zur Unterstützung des Probanden wurde eine durchsichtige Auflage für die Tests verwendet, ein sogenanntes Porta Book. Zur genauen Einhaltung des Abstands wurde dort eine 40 cm lange Schnur aufgeklebt. Nun darf der Proband die oberste Folie nach rechts bewegen. An der Skala im unteren Teil der Tests lässt sich die prismatische Verschiebung ablesen. Dabei beinhalten 4 mm der Verschiebung eine Ablenkung von 1 cm/m auf 1 m Abstand. Wird der Abstand geringer, wird es für den Probanden anspruchsvoller. Nach dem Aufsetzen der polarisierten Brille, schiebt der Proband nun die beiden Kreise auseinander, bis die Kreise oder die Fusionskontrolle doppelt wahrgenommen werden. Ist dabei die rechte Scheibe über der linken Scheibe, was anhand der Beschriftungen R und L zu erkennen ist, und bewegt der Proband die obere Kunststoffscheibe nun nach links, ist dies eine Verschiebung in konvergenter Richtung. Somit handelt es sich um eine Belastung mit Basis innen, da das rechte Auge dem Objekt nach links folgt. Die Abbruchkriterien für diese Messung sind die Verdoppelung der Kreise oder das Nichtaufbrechen der Fusionskontrolle.

Bei der Tranaglyphentrennung sind andere Beurteilungskriterien zu beachten. Die Rot-Grün-Brille sollte so aufgesetzt werden, dass sich das rote Glas vor dem rechten Auge befindet. Für den Probanden sind nun lediglich die grünen Testmarkenbilder zu erkennen. Bewegt er die grüne Kunststoffscheibe nach links, ist dies eine Verschiebung in konvergenter Richtung mit einer Belastung Basis innen. Denn das rechte Auge folgt nun nach links. Die Belastung in divergenter Richtung erfolgt bei der Bewegung der grünen Testobjekte nach rechts. Die Fusionskontrolle ist hier das X, das zentral in die Tests eingearbeitet wurde. Abbruchkriterien stellen hier das Doppeltsehen der Fusionskontrolle oder der peripher gelegenen Kreise dar [SCH-94, S.136f.].

Anhand der Skala sind die Prismendioptrien nun abzulesen. Um jedoch auch außerhalb der Wertebereiche eine Aussage treffen zu können, wird folgende Formel aus Abbildung 18 benötigt:

$$\frac{100 \text{ cm}}{1\Delta} = \frac{40 \text{ cm}}{x}$$
$$\rightarrow 100 \text{ cm} * x = 40 \text{ cm}$$
$$\rightarrow x = 0,4 \text{ cm} = 4 \text{ mm}$$

auf 40 cm Abstand sind 4 mm Disparität = 1Δ

Abbildung 18: Berechnung der Prismendioptrien [SCH-94, S.137]

### 3.3 Kriterien für ordnungsgemäße Durchführung der Tests

Für die ordnungsgemäße Durchführung dieser Bachelorthesis, sind einige Dinge im Voraus geplant worden, auf die im weiteren Text genauer eingegangen wird.

#### 3.3.1 Ablaufplan

Um eine bessere Vergleichbarkeit herzustellen und einige Fehler im Voraus auszuschließen, haben sich die Firma und die durchführende Person auf ein Ablaufschema geeinigt. In diesem Kapitel wird nun näher darauf eingegangen. Zunächst werden grundlegende Daten wie Name, Alter und Sechstärke der derzeitig getragenen Sehhilfe erfasst. Im Anschluss daran steht mit dem Wurftring-Test die erste Messung an. Dabei wurde darauf geachtet, dass zuerst Basis innen und im Anschluss Basis außen getestet wird. Warum zuerst die Richtung der Konvergenz abgeprüft wird, ist dem Kapitel der Messfehler und Einflussfaktoren zu entnehmen. Um eine Pause zur nächsten anstehenden Messung zu erhalten, ist zunächst die Krankheitsgeschichte der Probanden von großem Interesse, da Erkrankungen wie Epilepsie, Augenverletzungen oder Hirnverletzungen einen Abbruch der Messungen zur Folge hätten. Als zweiter Test steht dann der Gem-Test an. Dieser stellt einen etwas erhöhten Schwierigkeitsgrad für den Probanden dar. Darauf folgend wird eine Visusbestimmung vorgenommen. Hierbei sollten nach Möglichkeit alle Probanden die vorgegebenen Richtlinien überschreiten. Ist dies nicht der Fall, sind diese Personen gesondert zu betrachten und werden in dieser Abschlussarbeit nicht mit berücksichtigt. Um auch

die nicht voll auskorrigierten Hyperopen aus der Studie im Vorfeld herauszufiltern, wird über die derzeitige Korrektur binokular  $+0,75$  dpt davor geschaltet mit der Frage, ob der Seheindruck nun angenehmer ist oder gleich bleibt.

Sind diese Hürden ebenfalls genommen, kommt der Rot-Grün-Test an die Reihe. Im Anschluss an diesen Test wird eine subjektive Refraktion zur Überprüfung der angegebenen Werte durchgeführt. Hierbei wird besonders darauf geachtet, dass die Kriterien, die im Vorfeld bestimmt wurden, auch eingehalten werden. Jeder Proband darf im Anschluss entscheiden, ob er eine kleine Pause einlegen möchte.

Als vorletzten Test ist der Polarisations-test klein für den Probanden zu bewältigen. Dieser Test stellt einen hohen Schwierigkeitsgrad aufgrund der Feinheit der bedruckten Kunststoffscheiben dar. Im Anschluss wird der Kreuztest und der Maddox-test zur Prüfung auf vorliegende Phorien herangezogen. Sind auch hier alle Werte innerhalb der vordefinierten Kriterien, kann zum Abschluss der Rot-Grün-Test klein durchgeführt werden.

### **3.3.2 Messfehler und Einflussfaktoren**

Da gewisse Messfehler auftreten können, werden in diesem Kapitel diese Fehler angesprochen und die Messung beeinflussende Faktoren analysiert.

#### **3.3.2.1 Visus**

Der Visus der Teilnehmer spielt natürlich eine Rolle, da der Visus für das Auflösungsvermögen steht. Für diese Versuchsreihe sollte der Visus der Probanden monokular mindestens 0,8 betragen.

#### **3.3.2.2 Ametropien**

Die Ametropien spielen einen erheblichen Einflussfaktor, da je nach Höhe der vorliegenden Ametropie die Testmarkenbilder nicht scharf genug abgebildet werden können. Um diesen Fehler auszuschließen, ist bei allen Probanden eine Refraktion zur



Überprüfung der Ametropie durchgeführt worden. Die Grenze für diese Versuchsreihe stellten maximal  $\pm 5,0$  dpt dar.

### **3.3.2.3 Astigmatismus**

Der Astigmatismus stellt ebenfalls einen hohen Einflussfaktor dar. Da hier der Proband keinerlei Punktbild besitzt, sondern nur zwei schwach zu erkennende Linien. Auch dies wird in der subjektiven Refraktion bestmöglich auskorrigiert. Für diese Versuchsreihe liegt die Grenze bei 2,0 dpt.

### **3.3.2.4 Heterophorie / Heterotropie**

Vorliegende Heterophorien oder sogar Heterotropien beeinflussen diese Messungen. Aufgrund der Fehlstellung der Augen ist es den Probanden nicht möglich, einen 3-D-Seheindruck der Testbilder zu erhalten. Somit sind diese Tests nicht durchführbar. Daher ist im Vorfeld mit dem Maddoxtest und dem Kreuztest der Proband untersucht worden. Das Einschlusskriterium umfasste alle Phorien, die horizontal kleiner als 6 cm/m und vertikal kleiner als 2 cm/m waren.

### **3.3.2.5 Anamnese**

Bereits in der Anamnese werden Nervenlähmungen und Krankheiten am Auge ausgeschlossen, da diese in unterschiedlichster Form die Ergebnisse verfälschen würden.

### **3.3.2.6 Konvergenz- / Divergenzinsuffizienz**

Konvergenzinsuffizienz stellt eine sensorische und neuromuskuläre Anomalie der Zusammenarbeit der beiden Augen dar. Der Proband hat somit Probleme beim „Zielen“ und Festhalten der angeblickten Punkte und kann für diese Messungen nicht in Betracht gezogen werden.

Bei der Divergenzinsuffizienz handelt es sich ebenfalls um eine sensorische und neuromuskuläre Anomalie in der Zusammenarbeit der beiden Augen. Probanden mit solch einer Störung sind zu dieser Studie nicht zugelassen.

### **3.3.2.7 Tageszeit**

Die Tageszeit wirkt sich ebenfalls auf die Messungen aus. Da die Folien doch eine sehr starke Spiegelung aufwiesen, ist es gerade am späten Nachmittag nicht so einfach, die Testobjekte klar zu sehen.

### **3.3.2.8 Testhandhabung**

Viele Probanden halten die Tests lieber selbst in Händen, statt starr aufgelegt zu lassen. Dabei muss unbedingt beachtet werden, dass nichts in das Blickfeld der Probanden rückt, was eine Störung oder Ablenkung hervorrufen könnte. Große Probleme macht hier der kleine Polarisations-test, da die Verschiebung der Testobjekte über kleine Folien die Probanden vor große Schwierigkeiten stellte. Da beide Kreise nicht sehr gut passgenau übereinander liegen, ist die Fusion dieser Bilder für die Probanden sehr stark erschwert.

### **3.3.2.9 Pausen**

Die Pausen zwischen den Messungen müssen unbedingt eingehalten werden, da ansonsten nur verfälschte Werte entstehen können. Dabei ist wichtig darauf zu achten, dass die Probanden auch befragt werden, ob ihnen die Pause ausreicht oder noch ein wenig mehr Pause für die nachfolgenden Messungen benötigt wird. Bei diesen Messreihen wird darauf geachtet, dass mindestens 15 Minuten Pause zwischen den einzelnen Tests liegen. Bei dem Wechsel von den großen Tests zu den kleinen beträgt die Pause 30 Minuten.

### **3.3.2.10 Vermeidung eines Lerneffekts**

Um keinen Lerneffekt zu erzielen, wird darauf geachtet, dass die Tests nicht hintereinander abfolgen, da der Proband sich dann darauf einstellen könnte und die Ergebnisse so verfälscht werden. Daher ist der Ablaufplan bereits im Voraus so geplant worden.

### **3.3.2.11 Weitere Einflussfaktoren**

Die Messungen sollen nur mit Brille, Kontaktlinsen oder ohne Korrektur durchgeführt werden. Die Messbrille bietet den Probanden ein zu kleines Blickfeld um diese Messungen komplett durchzuführen. In diesen Messreihen waren die Abweichungen bei den Refraktionen sehr gering, somit konnten die getragene Korrektur weiterhin benutzt werden.

Für die Probanden kann es unter Umständen schwer vorstellbar sein, dass die Testobjekte auf den Kunststoffscheiben ein dreidimensionales Bild erzeugen. Dies stellt die erste große Hürde für die Probanden dar. Die Testgruppe, die an der Versuchsreihe teilgenommen hat, besaß augenoptisches Fachwissen, so dass diese Hürde keinerlei Probleme darstellte.

### **3.3.3 Feedbackmechanismen**

Damit die Tests eine Anwendung im Visualtraining oder der visuellen Therapie finden, sind Feedbackmechanismen notwendig. Diese zeigen zum einen den Stand des Probanden oder des Patienten auf und dienen zum anderen auch zur Kontrolle und der Abstimmung des weiteren Trainings- bzw. Therapieverlaufs. Daher werden im Folgenden Feedbackmechanismen genauer betrachtet.

#### **3.3.3.1 Doppeltsehen**

Dieser Feedbackmechanismus gehört zu den stärksten zur Verfügung stehenden Mitteln. Dieses Phänomen muss man auch nicht lange erklären, sobald dies auftritt, ist jedem klar, was damit gemeint war. Für die Arbeit mit dreidimensionalen Bildern ist es von großer Bedeutung, dass der Prüfling es schafft, die beiden Bilder zu fusionieren, um ein klares und deutliches Bild zu erhalten. Gelingt ihm dies nicht, muss durch weiteres Üben gelernt werden, mit entstehenden Doppelbildern umzugehen [DOZ-11b, S.90].

### **3.3.3.2 Verschwommenes Sehen**

Das entstehende dreidimensionale Bild soll für den Probanden auch klar und deutlich zu erkennen sein. Ein verschwommenes oder unscharfes Sehen ist ein Zeichen, dass der Proband mit dem Fokussieren des Testobjektes überfordert ist. Sobald der Anwender seine Akkommodation in den Griff bekommt, sollte es ihm gelingen auch das Testobjekt klar und deutlich zu fokussieren [SCH-94, S.113].

### **3.3.3.3 Suppression**

Binokulare Übungen weisen generell eine Suppressionskontrolle auf. Zu diesem Zweck ist eine Trennung der Seheindrücke des rechten und linken Auges notwendig. Dafür stehen z.B. die Anaglyphen-Trennung oder Polarisationsfilter zur Verfügung. Um zu kontrollieren, ob eine Suppression vorliegt, hat jedes Auge ein Objekt, welches nur von diesem Auge gesehen wird. Auf Nachfrage sollte der Proband angeben, beide Objekte zu sehen. Die hier verwendeten Polarisations-tests weisen mindestens eine von zwei Suppressionskontrollen auf. Dabei ist einerseits ein Kreuz in der Mitte der beiden Bilder zu sehen, das nach Möglichkeit auch immer ein Kreuz bleibt. Oder aber am Rand ist ein R für den Seheindruck des rechten Auges und ein L für den Seheindruck des linken Auges am Bildrand zu erkennen. Um die Angaben der Prüflinge nicht zu verfälschen, sollte die Suppressionskontrolle mit beiden Augen sichtbar sein [DOZ-11b, S.91].

### **3.3.3.4 Glanz**

Gerade bei den Tranaglyphen kann es vorkommen, dass die Farbe, die aus der Verschmelzung des roten und des grünen Seheindrucks entsteht, nicht gleich der Mischfarbe ist, die man eigentlich annimmt. Dabei kann es vorkommen, dass sich die beiden Augen in einem so genannten Wettstreit befinden, welches nun das bessere Bild liefert. Einige der Probanden könnten dann von einer etwas eigenen Farbwahrnehmung berichten. Die Polarisations-tests weisen meist einen binokularen Glanz bei der Fusion auf. Daher ist es wichtig, den Probanden oder Patienten nach seinem subjektiven Eindruck des fusionierten Bildes zu fragen. Nimmt der Proband nur eine Farbe wahr, liegt hier eine Suppression vor [DOZ-11b, S.91].

### **3.3.3.5 Kinästhetik-Wahrnehmung**

Im Visualtraining möchte man dem Prüfling etwas demonstrieren, indem man ihm gewisse Dinge näher bringt. Eines davon ist, den Unterschied zwischen Akkommodation und Entspannung sowie zwischen Konvergenz und Divergenz aufzuzeigen. Daher ist es auch von großer Bedeutung, in einem Training oder einer Therapie zu wissen, was der Prüfling dabei empfindet [SCH-94, S.114].

### **3.3.3.6 Entfernung**

Um das Vorstellungsvermögen und ein Gefühl für Divergenz und Konvergenz zu erhalten, stellt dieser Mechanismus eine Möglichkeit dar. Dabei kann der Proband mit Hilfe eines Stiftes oder eines Stabs ein erstes Gefühl dafür entwickeln, was er machen muss, um ein einfaches Bild zu erhalten. Die Vorgehensweise ist relativ simpel, man bittet den Prüfling einmal den Test in konvergenter Richtung auszurichten, das entstehende Bild mit den Augen festzuhalten und nun mit dem Stift oder einem anderen Instrument auf das Objekt zu deuten. Ist er zu weit weg mit dem Instrument, ist dies ein Hinweis auf Doppelsehen. Ist er zu nah mit dem Instrument, ist das Bild ebenfalls doppelt zu sehen. Nun sollte der Proband langsam ein Gefühl und Gespür für das Konvergieren erhalten [SCH-94, S.117ff].

### **3.3.3.7 Silo-Effekt**

Bei Konvergenzübungen erscheint das fusionierte Objekt kleiner und näher, bei Divergenzübungen größer und weiter weg. Verantwortlich dafür ist das Phänomen der Größenkonstanz. Die wahrgenommene Größe eines Objektes wird durch die Netzhautbildgröße, den Akkommodations- und Vergenzzustand der Augen bestimmt. Eine Verkürzung der Objektentfernung führt einerseits zu einer Vergrößerung des Netzhautbildes. Andererseits erfordert die Annäherung eine verstärkte Konvergenz und Akkommodation. Mit zunehmender Konvergenz und Akkommodation rechnet das Gehirn die Größe des Objektes herunter. Das Phänomen der Größenkonstanz sorgt dafür, dass ein wahrgenommenes Objekt unabhängig von seiner Entfernung zum Auge seine Größe beibehält. Bei Konvergenzübungen konvergiert der Proband

im Verhältnis zur Objektentfernungen zu stark. Somit stellt sich das Objekt kleiner dar als es in Wirklichkeit ist [SCH-94, S.114ff].

### **3.3.3.8 Schwimm-Effekt**

Durch den Silo-Effekt, kommt das Bild näher zum Prüfling oder geht weiter weg. Dabei ist das Bild nicht fest und klar wie die sonstigen Gegenstände, die wir betrachten. Es hat mehr den Anschein, als schwimmt es etwas vor dem Betrachterauge. Dieser Effekt ist nicht bei allen Probanden anzutreffen und somit nicht sehr gut als Feedbackmechanismus geeignet [SCH-94, S.117].

## **4 Ergebnisse**

Für diese Abschlussarbeit sind insgesamt 61 Probanden vermessen worden. Die Auswertung umfasste eine Datenmenge von 59 Personen, zwei Probanden waren leider außerhalb der zuvor festgelegten Kriterien. Die erhobene Datenreihe ist hinsichtlich verschiedener Faktoren untersucht worden. Es ist geprüft worden, ob es Einflüsse gibt durch das Geschlecht der jeweiligen Probanden. Interessant war auch zu untersuchen, wie die Ergebnisse mit dem Tragen einer Brille sich verhielten im Vergleich zu den Probanden mit Kontaktlinsen oder keinerlei Korrektur. Die Werte der Brillenkorrektur sind ebenfalls genauer beleuchtet worden, hierbei sind die Faktoren der Schrägheit des Astigmatismus, die sphärische Wirkung und die Wirkung des Zylinders verglichen worden. Die Zusammenfassung der Datenanalyse ist hier zu finden. Zur Auswertung des vorliegenden Datensatzes wird das Excelprogramm aus der Microsoft Office Gruppe von 2003 verwendet.

### **4.1 Übersicht Mittelwerte**

Die dargestellten Schnittpunkte in den Schaubildern zeigen die Mittelwerte der Standardabweichung.

#### **4.1.1.1 Mittelwert Diplopie**

Die Abbildung 19 zeigt die Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardfehlern der einzelnen Tests für die Diplopie.

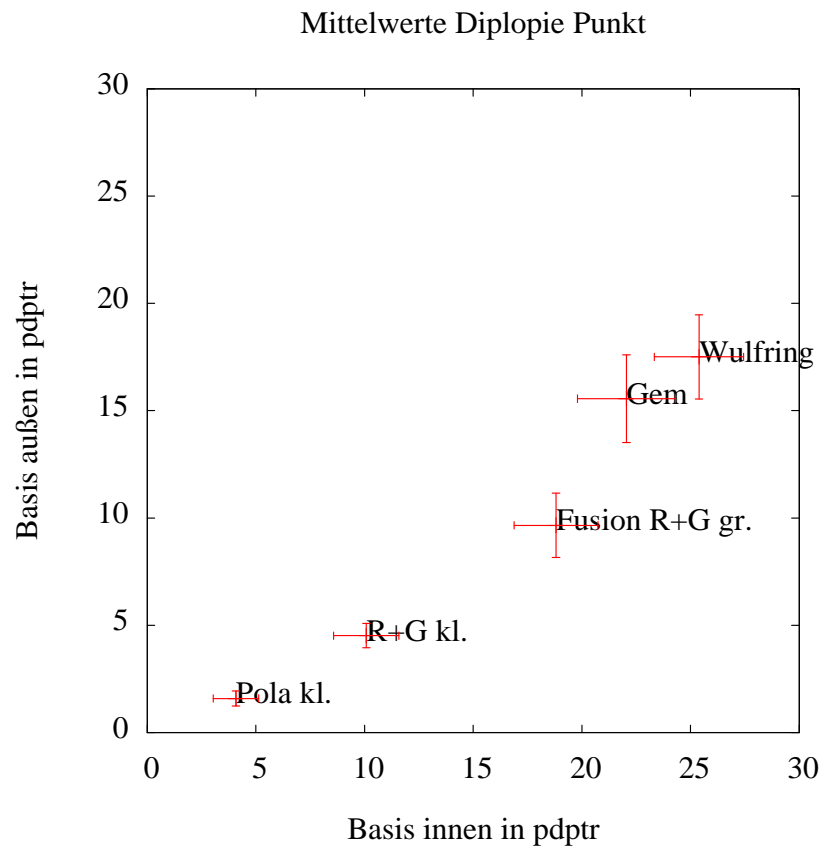


Abbildung 19: Mittelwerte Diplopie

#### 4.1.1.2 Mittelwerte Recoverypunkt

Die Abbildung 20 zeigt die Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardfehlern der einzelnen Tests für den Recoverypunkt.



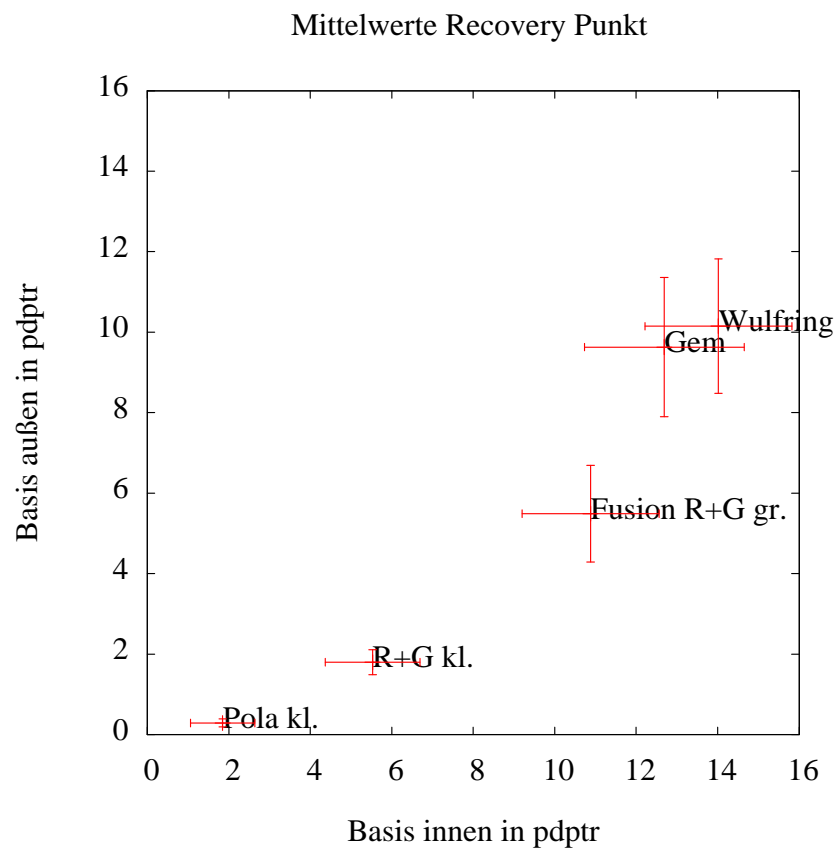


Abbildung 20: Mittelwerte Recoverypunkt

## 4.2 Die Korrelation

|                        | Geschlecht | Brillenträger | schräg | Visus | Sphäre | Zylinder | Kreuz | Maddox |
|------------------------|------------|---------------|--------|-------|--------|----------|-------|--------|
| B. i. Wulfring DP      | +          | -             | -      | +++   | -      | -        | -     | -      |
| Wulfring RP            | -          | -             | -      | +     | -      | -        | -     | -      |
| B.a. Wulfring DP       | +          | -             | -      | ++++  | -      | -        | -     | -      |
| Wulfring RP            | -          | -             | -      | ++    | -      | -        | -     | -      |
| B.i. Gem DP            | +          | -             | -      | +++   | -      | -        | -     | -      |
| Gem RP                 | -          | -             | -      | ++    | -      | -        | -     | -      |
| B.a. Gem DP            | +          | -             | -      | ++++  | -      | -        | -     | -      |
| Gem RP                 | +          | -             | -      | +++   | -      | -        | -     | -      |
| B.i. Fusion R+G gr. DP | +          | -             | -      | ++    | -      | -        | -     | -      |
| Fusion R+G gr. RP      | -          | -             | +      | ++    | --     | -        | -     | -      |
| B.a. Fusion R+G gr. DP | +          | -             | -      | +++   | --     | -        | -     | -      |
| Fusion R+G gr. RP      | -          | -             | -      | +++   | --     | -        | -     | -      |
| B.i. Pola kl. DP       | +          | -             | -      | +     | +      | -        | -     | -      |
| Pola kl. RP            | +          | -             | -      | +     | +      | -        | -     | -      |
| B.a. Pola kl. DP       | +          | -             | -      | +     | +      | -        | -     | -      |
| Pola kl. RP            | -          | -             | -      | -     | +      | -        | -     | -      |
| B.i. R+G kl. DP        | +          | -             | -      | +++++ | -      | -        | --    | -      |
| R+G kl RP              | -          | -             | -      | ++++  | -      | -        | -     | -      |
| B.i. R+G kl. DP        | -          | -             | -      | ++++  | --     | -        | -     | -      |
| R+G kl RP              | -          | -             | -      | ++    | --     | -        | -     | -      |

| Signifikanz | Korrelation |         |
|-------------|-------------|---------|
| p-Wert      | positiv     | negativ |
| > 5%        | +           | -       |
| ≤5%         | ++          | --      |
| ≤1%         | +++         | ---     |
| ≤0,3%       | ++++        | ----    |
| ≤0,1%       | +++++       | -----   |

Tabelle 2: Korrelationstabelle

Da die Korrelation der Sphäre in fast allen Tests einen negativen Wert ergab, kann man folgende Aussage treffen: Die Hyperopen haben in den Tests bei negativer Korrelation schlechter abgeschnitten als die Myopen. Denn eine negative Korrelation bedeutet hier ein besseres Testergebnis. Somit kann man sagen, dass die Kurzsichtigen in diesen Tests besser abgeschnitten haben als die Weitsichtigen.

### 4.3 Visusabhängigkeit

In Grün mit dem x ist hierbei der Gem und in Rot mit dem + der Wurfing exemplarisch aufgetragen.

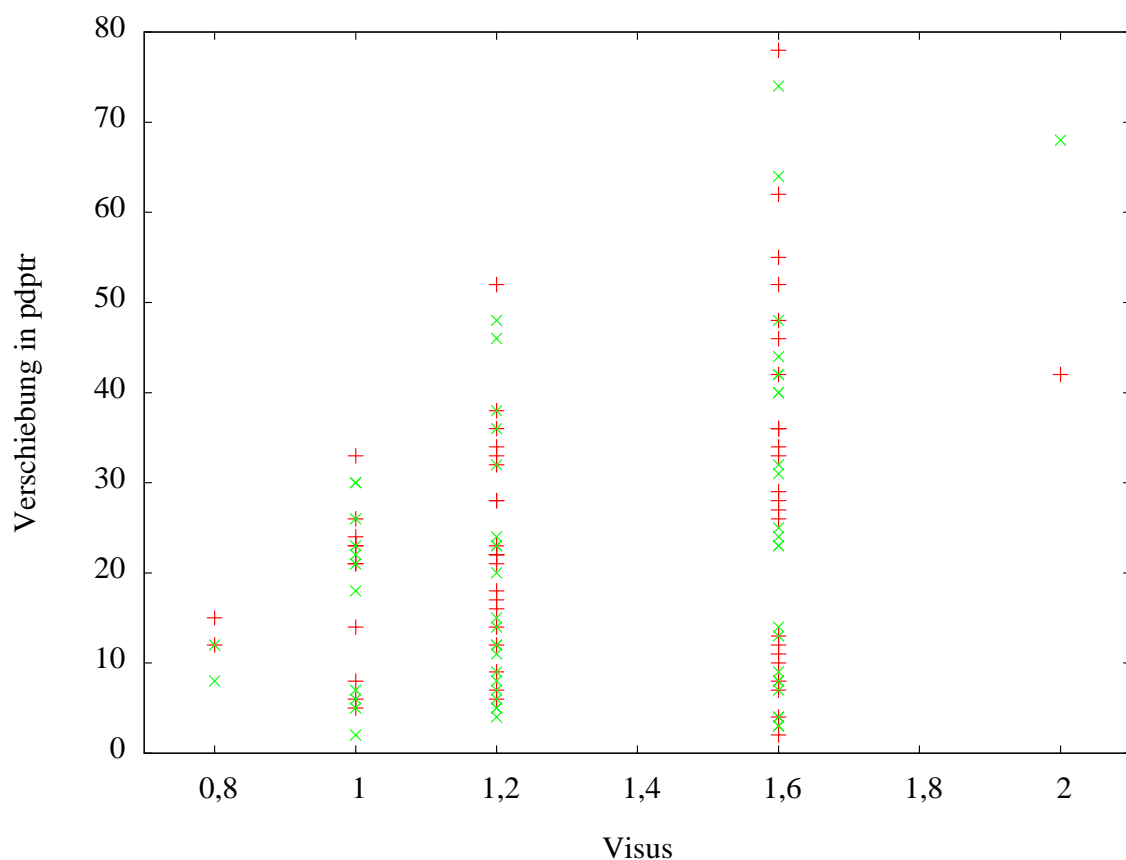


Tabelle 3: Visustabelle

Dieses Diagramm zeigt deutlich, dass ein guter Visus Voraussetzung für das gute Abschneiden der Probanden war. Jedoch hat aber nicht jeder, der einen guten Visus hat, auch eine bessere Leistung erzielt als andere.

#### **4.4 Analyse der Messergebnisse**

Die Messreihe der Abschlussarbeit ist an 61 Probanden durchgeführt worden, leider mussten vier dieser Personen für die Auswertung gestrichen werden, da sie außerhalb der vorher festgelegten Messwerte lagen. Nach der statistischen Analyse der Daten sind einige Einflussfaktoren auf die Messergebnisse zum Tragen gekommen.

Die Sehleistung des jeweiligen Probanden spielt eine sehr entscheidende Rolle, denn die Messwerte haben gezeigt, je besser das Auflösungsvermögen des jeweils Einzelnen, umso höher auch die Ergebnisse. Diese Erkenntnis hatte in allen Tests mindestens eine Signifikanz von 5 %.

Die Auswertung über die Geschlechter ergibt, dass die Damen im Schnitt besser abgeschlossen haben als die Herren, dies war jedoch nicht wirklich signifikant. Daher könnte dieses Ergebnis auf die geringe Probandenanzahl zurückzuführen sein.

Das Korrektionsmittel scheint einen Einfluss auf die Messungen zu nehmen, da die Probanden mit Brillengläsern in den Tests niedrigere Werte erzielten als diejenigen ohne Korrektionshilfe. Dabei ist jedoch keine Signifikanz zu ermitteln, die diese Behauptung stützen könnte. Bei einer größeren Datenansammlung könnte möglicherweise eine klare Aussage getroffen werden. Ebenfalls zeigt sich deutlich, dass Probanden mit Kurzsichtigkeit, bei den Tests besser zu recht kamen als die restlichen Testpersonen. Dies könnte mit den scharfen Akkommodationsgebieten ohne Brille zusammenhängen. Jedoch ist die Korrelation hier nicht signifikant.

Diese Fusionstrainer finden ihre Anwendung in der Nähe. Dabei zeigte sich aussagekräftig, dass die Kurzsichtigen außer in einem Test deutlich besser abschnitten als die Weitsichtigen. Eine Erklärung dabei könnte sein, dass die Kurzsichtigen auch einen besseren Bezug zur Nähe besitzen. Denn der scharfe Sehbereich eines Kurzsichtigen spielt sich rein in der Nähe ab. Bei der Weitsichtigkeit, ist der scharfe Sehbereich eher weiter entfernt. Daher könnte hier eine Erklärung des signifikant

vorliegenden Ergebnisses sein. Nicht alle Tests zeigen diese Signifikanz, was durchaus verschiedene Einflussfaktoren haben könnte, die weiter unten nochmals genauer untersucht werden.

Die astigmatische Verzerrung in eine Richtung, aber auch die Stärke des Astigmatismus gaben ein deutliches Ergebnis. Diese Personengruppen schnitten im Schnitt schlechter ab als die „Normalprobanden“. Leider ist statistisch darüber keine genaue Aussage zu treffen, da die Probandengruppe zu klein war.

Ein weiterer Faktor der klinisch und optometrisch bestimmt wurde, ist die Verschiebung in Höhe und Seite. Dies wurde mit Maddox- und dem Kreuztest ausgewertet. Es zeichnet sich ein klarer Trend ab, der aber nicht statistisch signifikant zu belegen ist. Dennoch weisen die Probanden mit größeren Höhen oder Seitenverschiebungen ein schwächeres Ergebnis auf im Vergleich zu den Probanden, die keinerlei Verschiebung in den Tests zeigten.

Verschiedene Einflussfaktoren spielen wie oben bereits erwähnt eine wichtige Rolle. Normwerte können dabei nur schwer ermittelt werden, da jeder Mensch eine individuelle Persönlichkeit darstellt. Die statistisch und mathematisch ausgewerteten Ergebnisse sind daher kritisch zu betrachten, da Anstrengung, Müdigkeit und Kreislaufschwierigkeiten einige Probleme bei der Auswertung aufwerfen. Selbst die angesetzten Pause und die Befragung nach dem Befinden des Probanden geben leider nur eine subjektive Meinung. Als Beispiel dienen hierfür drei Probanden, die alle mindestens in einer Messrichtung deutlich schlechter abgeschnitten haben, wie in den vorangegangenen Tests. Dies zeigt wie schwer die Situation für Prüfer und Proband einzuschätzen ist. Ein zusätzlicher Faktor, der nicht außer Acht zu lassen ist, stellt die visuelle Belastung am jeweiligen Tag dar. In der Probandengruppe an der Hochschule für Technik und Wirtschaft im Fachbereich Augenoptik kommt es häufig zu Praktikumsversuchen, die für die visuelle Verarbeitung eine hohe Belastung darstellen. Dieser Faktor wurde versucht bestmöglich zu umgehen, stellt aber ein großes Risiko dar.

Erwartungsgemäß stellten die kleinen Fusionsteste aufgrund der Feinheiten die Probanden vor größere Probleme. Jedoch war auch die Handhabung des kleinen Polarisations-tests mit ausschlaggebend für das schwache Abschneiden, da 38,60 % aller gemessenen Personen überhaupt kein dreidimensionales Bild erzielen konnten. Die einfache Anwendung des kleinen Rot-Grün-Tests, aber auch die Übung der vorangegangenen Untersuchungen stellt sicher eine mögliche Ursache für die erzielten Messwerte dieses Tests dar. Auf das veränderte Farbspektrum durch die Rot-Grün-Brille sollte auf alle Fälle hingewiesen werden. Denn bei den meisten Probanden zeigte sich das dreidimensionale fusionierte Objekt erst nach einer geraumen Zeit des Betrachtens.

Beim Betrachten der erhobenen Daten ist festzustellen, dass die polarisierten Testverfahren besser abgeschnitten haben als die Rot-Grün-Tests. Die Anzahl der Messergebnisse dieser Datenreihen weisen deutlich auf, dass die Einfachheit der großen Tests auch zu hohen Messergebnissen führt. Immerhin hat nur eine Probandin bei den Tests kein Messergebnis geliefert, hier kam es zu einer Unterdrückung des grünen Seheindrucks. Bei genauer Betrachtung ist festzustellen, dass mit dem Wurftring- und dem Gem-Test die Mittelwerte der Maxima am besten sind. Die beiden Rot-Grün Tests sind dabei von der Handhabung her die Tests mit denen die Probanden die wenigsten Probleme hatten. Bei den sehr anspruchsvollen kleinen Tests, kamen einige der Probanden auf eine große Fusionsbreite.

Diese Besonderheiten sind jedoch nicht komplett verbindlich zu sehen, da hier Messkriterien vorgegeben waren. Der Gem- und der Wurftring-Test liegen dabei so weit beieinander, dass sie sich statistisch betrachtet nicht unterscheiden.

## 5 Diskussion

Die derzeit durchgeführten Studien zum Thema der Fusionstrainer basieren alle auf der therapeutischen Wirkung und der Einsetzbarkeit dieser Methode für die visuelle Therapie. Die Literatur zeigt hier den therapeutischen Weg auf. In dieser Abschlussarbeit geht es darum, die einzelnen Fusionstrainer miteinander zu vergleichen. Eine definitive Aussage welcher Test nun der Beste ist, lässt sich nicht genau treffen. Bei der Betrachtung der Varianz ist sehr stark auffällig, dass die Werte der einzelnen Tests im Vergleich eine hohe Streuung aufweisen. Die Streuung um die Mittelwerte weist hingegen eine Tendenz auf. Im direkten Vergleich der Tests untereinander ist festzustellen, dass die Tests mit den gleichen Anforderungen auch relativ dicht beieinander liegen. Die Messparameter sind noch identisch und dichter beieinander, sobald die Tests auch das gleiche Trennverfahren nutzen. So liegen der Wurfing-Test und der Gem-Test näher beieinander, als zum Beispiel der Gem und der große Rot-Grün-Test. Die Differenzierung, welcher Test denn signifikant besser ist, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Nach Meinung der Probanden ist der kleine Rot-Grün-Test am einfachsten handhabbar. Die meisten Schwierigkeiten in dieser Kategorie bereitet den Probanden der kleine Polarisations-test. Die Testpersonen regten an, bei künftigen Versionen dieses Tests die Folien mit den Testmarkenbildern größer zu gestalten und die Qualität des Druckes zu verbessern.

In der statistischen Analyse stellte sich heraus, dass die besten Werte auch die Tests mit den geringsten Anforderungen darstellten. Dies liegt zum einen an den geringen Anforderungen, aber auch daran, dass die Probanden alle sehr gut auskorrigiert waren. Was zur Folge hatte, dass die Testpersonen auch alle mit dem bestmöglichen Visus die Tests angehen konnten. Die Sehleistung ist sicher ein weiterer Faktor der zu den teilweise doch sehr respektablen Ergebnissen führte. Die Analyse zeigt auch, dass die höchsten Fusionsleistungen der Probanden die beiden großen Polarisations-tests aufweisen, noch vor dem großen Rot-Grün-Test, der sich dann doch mehr

von dem Wurfing- und dem Gem-Test unterscheidet. Diese drei Tests bieten kleinere Detailinfos, die sich bei dieser Studie als nützlich für die Fusion herausstellten.

Bei den kleineren Tests ist es jedoch umgekehrt, da ist der kleine Rot-Grün-Test vor dem kleinen Polarisations-Test. Ursachen dafür liegen zum einen in der Handlichkeit, die sich bei dem kleinen Anaglyphen-Test absolut am besten zeigt. Im kleinen Polarisations-Test liegen die Kunststoffscheiben eher wackelig in der Führung, was eine Deckungsgleichheit der Objekte erschwert. Diese Objekte zeigen sich nur über eine Wölbung der Scheiben als deckungsgleich, was sicherlich zu einem früheren Aufbrechen der Fusion führt. Das Fusionsbild kann jedoch erst nach mehreren Versuchen wahrgenommen werden, da um diesen Kreis ein Schattenbild auf Grund des Versatzes erscheint. Hier liegt nahe, dass einige der Probanden nicht die Geduld aufbrachten, um sich die Tests mehrmals genauer anzuschauen. Ein weiterer Faktor für das schwache Abschneiden dieses Tests liegt darin, dass die Probanden mit guter Sehleistung schnell merkten, dass mit diesem Test etwas nicht stimmt. Den Probanden mit schlechter Sehleistung war der Test zu schwer. Die Firma VISUS wird diese Version des Fusionstrainers nun überarbeiten und mit mehr Feinheiten, die der Anregung der Fusion dienen sollen und das Schattenbild minimieren, auf den Markt neu einführen.

Was weiterhin jedoch ungeklärt bleibt ist, welche Korrekionsweise welche Einwirkung auf die Fusionstrainer ausübt. Die Messgruppe der Kontaktlinsenprobanden war hier mit lediglich 6 Personen vertreten. Dieser geringe Prozentsatz ist zu klein, um eine Schlussfolgerung zu ziehen. Ebenfalls schwer zu beurteilen sind die Fälle, bei denen bereits im Vorfeld eine Winkelfehlsichtigkeit über eine prismatische Wirkung auskorrigiert wurde. Dazu ist der Datensatz bestehend aus einer Probandin doch etwas zu klein. Auffallend ist nur, dass die Kontaktlinsenträger mit dem kleinen Polarisations-Test mehr Probleme hatten als die Personen ohne Korrektur.

Einfluss auf die Messergebnisse liefert auf alle Fälle eine zu kurz geratene Pause. Zwar sind alle Messdaten mit dem selben Ablaufschema durchgeführt worden und



die Testkunden vor jeder Messung nochmals intensiv befragt worden, ob ein Weitermachen zur jetzigen Zeit in Ordnung ist oder ob die Pausen verlängert werden sollten. Gerade bei den Probanden, die absolute Topwerte in allen großen Messungen aufzeigten, war die Anstrengung doch meist so stark, dass man für ein sauberes Ergebnis am besten die schweren Tests auf einen andern Tag gelegt hätte. Diese Erkenntnis zeigt aber auch deutlich auf, dass es für solch eine Messreihe am besten wäre zu wissen, wie viel visuellen Stress der Proband schon im Vorfeld hatte, um weitere Messfehler auszuschließen.

Für die klinische oder optometrische Anwendung der Tests ist es von großem Vorteil, dass die von der Firma VISUS entworfenen Fusionstrainer tragbar sind. Somit können die Tests problemlos jedem Probanden zum Üben mit nach Hause gegeben werden. Diese Übungen sollte der Proband im Vorfeld einmal geübt und genau erklärt werden. Denn das Üben zu Hause und die eigene Motivation der Probanden gehören zur visuellen Therapie dazu. Im nachfolgenden Schritt sollten die Übungen auch abgefragt und die weitere Vorgehensweise besprochen werden. Gerade für das Verständnis des Probanden und zu Übungszwecken sind die Feedbackmechanismen sehr wichtig. Sie zeigen dem Übenden die Verbesserungen und die Grenzen auf. Dabei unterscheidet man wie bereits im Kapitel Feedbackmechanismen beschrieben verschiedene Mechanismen, die eine unterschiedliche Wirkung auf den Probanden haben. Die Fusionskontrolle der Rot-Grün-Tests stellt für den Probanden meist die leichteste Übung dar, da die Farbwahrnehmung der Kreise sich gegenüber der normalen Farbwahrnehmung unterscheidet. Von der Mischfarbe, die bei der Betrachtung entsteht, wurde bereits ausführlich berichtet. Der Wurfing-Test stellt für die meisten Probanden ebenfalls eine recht schnelle und einfache Möglichkeit der Fusionskontrolle dar. Das Kreuz im oberen Teil der Testobjekte ist immer recht schnell für die Probanden zu erblicken. Bei den anderen beiden Fusionstrainern war es für die Probanden nicht möglich, das fusionierte Bild zu halten und auf die Fusionskontrolle das R und L im Kasten an der unteren Ecke zu achten. Einige der Probanden mussten für kurze Zeit den Blick lösen und das fusionierte Bild wieder neu suchen. Dies

gelang nicht jedem und eine Wiederholung der Messung wurde erforderlich. Dies könnte ebenfalls zu einem minimierten Ergebnis führen.

Ein großer Pluspunkt in dieser Abschlussarbeit war sicherlich die Probandenwahl, da die Studenten des Fachbereichs Augenoptik deutlich besser mit den dargebotenen Feedbackmechanismen arbeiten können. Es ist zu vermuten, dass Probanden aus anderen Gruppen deutlich mehr Schwierigkeiten mit dem Verständnis haben. Die hier verwendeten Mechanismen waren der Diplopie Punkt (DP) und der Recovery Punkt (RP), der in den Messdaten erhoben wurde. Probanden, die nicht aus der Fachrichtung Augenoptik kommen, werden hier sicher einige Versuche zu Beginn benötigen, um einen ersten Eindruck davon zu bekommen, was nun genau mit diesen zwei Punkten verbunden ist. Ein kurzfristiges Aufreißen der Fusion war auch den Probanden dieser Messreihen aufgefallen. Jedoch stellte sich die Fusion sofort wieder ein. Daher ist es zu empfehlen, den Probanden darauf vorzubereiten und ihm im Vorfeld hinzuweisen, auf was er genau zu achten hat. Denn sonst kann es schnell zu einem Verständigungsproblem kommen.

Die Motivation zu Hause etwas zu tun, ist ein wichtiger Bestandteil der visuellen Therapie. Bei dieser Abschlussarbeit ist die Motivation ebenfalls ein wichtiger Punkt, da sie auch über die Mitarbeit der Probanden entscheidet. Der Eindruck wurde zwar nicht erweckt, dass jemand aus Zwang sich gemeldet hat, aber je nach eigener Motivation könnte es zu besseren oder schlechteren Ergebnissen kommen. Sind die Probanden daran interessiert gut abzuschneiden, werden Sie sicherlich auch alles daran setzen und mit viel Kraftaufwand versuchen das Bestmögliche aus sich und dem Test herauszuholen. Andere könnten gerade gegen Ende der Versuche sich mehr auf andere Dinge konzentrieren und somit nicht alle Kraft aufwenden, was sich in niedrigeren Ergebnissen ausdrücken würde. Dies zu kontrollieren ist unmöglich. Dass der ein oder andere abgelenkt war, ist jedoch leider auch nie auszuschließen, da sich die Probanden nicht den ganzen Tag auf diese Messungen vorbereiten können. Aber sicherlich spielt die Motivation des Einzelnen einen Einfluss auf die gemessenen Daten.

Der Ablaufplan ist bereits in einem vorherigen Kapitel erwähnt worden. Der Sinn dahinter war, dass die Messungen nicht alle hintereinander durchgeführt werden, denn sonst könnte sich ein Trainingseffekt einstellen. Die Frage, die sich jedoch aufwirft ist, reicht die Pause denn überhaupt, um diesen Effekt zu unterbinden? Dies kann nicht wirklich beantwortet werden. Aber um vielleicht besser unterscheiden zu können, welcher Test den anderen überlegen ist, wäre ein derartiger Versuch sicher von großem Interesse. Es hat bereits Studien gegeben, die belegen, dass der Trainingseffekt deutliche Verbesserungen bietet. Hier könnte man sicher genauer differenzieren, welcher Test vielleicht den Probanden eine größere Verbesserung gab, um so vielleicht besser herauszufinden, von welchem Fusionstrainer die Anwender jeweils am meisten profitieren.

Das Geschlecht ist statistisch untersucht worden und zeigte, dass die weiblichen Teilnehmer der Studie besser abschnitten als die männlichen Teilnehmer. Da die Probandenanzahl mit 59 Personen relativ klein war, ist eine signifikante Aussage über die Geschlechter nicht zu treffen.

Die Brillenträger schnitten im Vergleich zu Probanden mit Kontaktlinsen oder ohne Korrektur leicht schlechter ab. Auf statistischem Wege ist dies jedoch nicht zu beweisen, da diese Gruppen für eine definitive Aussage über zu wenig Teilnehmer verfügen. Ebenfalls ist diese Probandengruppe auf schiefe Achslagen untersucht worden. Dabei stellten die Achslagen zwischen  $0^\circ \pm 15^\circ$  und  $90^\circ \pm 15^\circ$  die schrägen Achslagen dar. Hier lässt sich eine Tendenz erkennen, die besagt, dass eine schräge Achslage zu schlechteren Messergebnissen führt. Jedoch fehlt auch hier eine aussagekräftige Stichprobenmenge.

Die Stärke der Sphäre und das Vorzeichen haben einen Einfluss auf das Ergebnis. Beim Zylinder wurde nur der Betrag in der Analyse verwandt. Der Trend zeigt, dass je höher beide Werte sind, umso schwächer ist die Fusionsbreite der einzelnen Probanden, da die Probandengruppe jedoch keine geeignete Größe für eine statistische

Aussage hatte. Dabei brauchen nicht beide Werte zwingend mehr Stärke aufweisen, sondern es reicht, wenn einer von beiden höher ausfällt, um eine Verschlechterung aufzuzeigen.

Die Sehleistung zeigt signifikant ein zu erwartendes Ergebnis. Die Teilnehmer wiesen in den meisten Tests unter einem Signifikanzniveau von einem Prozent auf, dass je höher der Visus, umso besser auch die Ergebnisse der Fusionsbreitenmessung, jedoch nicht jeder Proband mit gutem Visus schafft auch ein gutes Ergebnis. Dabei stellt die Sehleistung nur einen von mehreren Faktoren dar, die für ein gutes Abschneiden in den Tests verantwortlich sind. Doch ohne guten Visus kamen die Probanden nicht auf gute Werte. Dieser Faktor scheint somit von starker Bedeutung für das Abschneiden der Probanden.

Neben der Brillenkorrektur, dem Geschlecht und der Sehleistung wurden die Probanden in den Vormessungen hinsichtlich der Bildverschiebung getestet. Auch hier gab die Analyse der Daten kein überraschendes Ergebnis. Je höher die Bildverschiebung war, umso schlechter auch die Ergebnisse der jeweiligen Probanden. Selbst eine Korrektur der Winkelfehlsichtigkeit zeigte sich in den Messergebnissen als niedriger gegenüber den „Normalsichtigen“. Um eine klare statistische Aussage über diese Gruppe zu treffen, sollten mehr Probanden vermessen werden. Dieses Ergebnis deckt lediglich die Vermutung und zeigt eine Tendenz in diese Richtung auf.

Durch die statistische Analyse und der Betrachtung der erhobenen Messdaten ist nicht eindeutig eine Rangfolge der Fusionstrainer auszumachen. Die Vielfalt der angebotenen Tests ist sicherlich ein sehr großer Pluspunkt der Fusionstrainer, da hier auf die individuellen Bedürfnisse der Probanden exakt eingegangen werden kann. Anhand dieses Vorteils haben alle Tests ihre Berechtigung am Markt. Die Preispolitik ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse auch völlig gerechtfertigt, da die teureren Produkte auch besser abgeschnitten haben, mit der oben erwähnten Ausnahme.

## 6 Ausblick

Da der Berufsstand der Augenoptik sich in den nächsten Jahren zum Berater des guten Sehens weiterentwickeln möchte, werden Screeningtests immer mehr an Bedeutung erlangen. Dabei ist eine gezielte Anamnese die Grundvoraussetzung für die danach folgenden Schritte. Um diese sorgsam und gezielt zu erstellen, ist eine Zusammenarbeit mit Spezialisten von Nöten. Dabei sollten die erhobenen Daten zusammengetragen und in Kommunikation untereinander gezielt an den Probanden weiter gereicht werden, da die nachfolgenden Schritte nur in Zusammenarbeit mit dem Probanden und dessen Wünschen und Vorstellungen umgesetzt werden können. Einige Studien haben bereits bewiesen, dass eine visuelle Therapie für jeden Menschen zu einer Verbesserung seiner Leistungen führt. Dies ist nur möglich, da wir 70 % unserer Sinne über die Augen steuern. Je früher eine Anamnese und eine eingeleitete Therapie beginnen können, umso besser sind die Ergebnisse. Daher sollte schon im Kleinkindalter darauf geachtet werden, mit einem guten Screening und einer richtigen Anamnese für eine optimale Entwicklung zu sorgen. Viele Krankheitsbilder sind doch sehr ähnlich und eine Miteinbeziehung eines Spezialisten sorgt dafür, diese gezielt zu unterscheiden. Denn zwischen einer bilateralen Nervenlähmung, die eine Operation mit sich bringt, und einer Konvergenzinsuffizienz liegen nur wenige Unterschiede. Bei einer Konvergenzinsuffizienz ist die Korrektur über eine Fusionstherapie mit Hilfe der Fusionstrainer möglich. Die von der Firma VISUS zur Verfügung gestellten Tests bieten dabei gleich mehrere Vorteile. Sie sind sehr handlich und klein, können so dem Probanden jeweils zum Üben mit nach Hause gegeben werden. Zusätzlich sind sie relativ leicht verständlich, was einen weiteren wichtigen Faktor für den Erfolg einer Therapie darstellt. Und der größte Pluspunkt ist, dass diese Tests in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden erhältlich sind. So kann man diese individuell an den Level des Probanden anpassen und ihn gezielt weiter vorantreiben. Der Erfolg einer Therapie hängt von vielen Faktoren ab: Alter der Probanden, deren Motivation und Durchhaltevermögen sind dabei sehr entscheidend. Einen kritischer Faktor stellt das Verstehen der jeweiligen Aufgabenstellung dar, hie-

ran muss deutlich gearbeitet werden. Die Therapie kann nur erfolgreich sein, wenn auch der Proband dazu bereit ist, zu Hause mitzuarbeiten. Dies sollte im Vorfeld besprochen werden und eine Ausarbeitung erstellt werden, wie Schritt für Schritt individuell der Anspruch gestaltet wird. Unterstützend dazu kann es sein, dass der Einsatz bestimmter Korrektions- oder Hilfsmittel unumgänglich ist. Werden diese Punkte alle berücksichtigt, steht einer erfolgreichen visuellen Therapie nichts im Wege. Das Handeln eines jeden Einzelnen sollte dabei immer auf das Wohl des Kunden bedacht sein. Daher wird die Prävention in den nächsten Jahren sicher deutlich an Bedeutung gewinnen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [DIE-04] Diepes, Heinz  
Refraktionsbestimmung, 3. Auflage, DOZ-Verlag, 69065 Heidelberg,  
2004
- [DMA-11] Digital Media for Artists  
Kunstuniversität Linz, Hauptplatz 8, Postfach 6, 4010 Linz Österreich  
[http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3AAllgemeine/modul  
e/13762?step=1#chapter](http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3AAllgemeine/module/13762?step=1#chapter),  
Stand 13.05.11
- [DMA-11a] Digital Media for Artists  
Kunstuniversität Linz, Hauptplatz 8, Postfach 6, 4010 Linz Österreich  
<http://www.dma.ufg.ac.at/assets/13762/intern/polarisation.gif>,  
Stand 13.05.11
- [DMA-11b] Digital Media for Artists  
Kunstuniversität Linz, Hauptplatz 8, Postfach 6, 4010 Linz Österreich  
<http://www.dma.ufg.ac.at/assets/13762/intern/anaglyphen.gif>,  
Stand 13.05.11
- [DOZ-11a] Deutsche Optiker Zeitung  
Optometrie & Fashion, DOZ-Verlag, 69065 Heidelberg  
Veröffentlichung: Störungen des Binokularsehens Teil 3, Ivonne  
Krawczyk, Dipl. AO/O, M.Sc. Fielmann Akademie Schloss Plön,  
Ausgabe 02/2011
- [DOZ-11b] Deutsche Optiker Zeitung  
Optometrie & Fashion, DOZ-Verlag, 69065 Heidelberg

Veröffentlichung: Störungen des Binokularsehens Teil 2, Ivonne Krawczyk, Dipl. AO/O, M.Sc. Fielmann Akademie Schloss Plön, Ausgabe 01/2011

- [GLA-69] Glaser, Th.: Die Phorien, ihre Prüfung und Korrektion, VEB Verlag Technik, Berlin (1969)
- [SCH-57/64] Schober, H.: Das Sehen, Band 1 (1957) und Band 2 (1964)
- [SCH-94] Scheiman, Mitchell; Wick, Bruce  
Clinical Management of Binocular Vision, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1994
- [TRE-61] Trendelenburg, W.: Der Gesichtssinn, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1961)
- [TRO-85] Trotter, J.: Das Auge, 7. Auflage, Optik-Verlag Solothurn (1985)



## 8 Anhang

Signifikanzniveau:

|                        | Geschlecht | Brillenträger | schräg | Visus | Sphäre | Zylinder | Kreuz | Maddox |
|------------------------|------------|---------------|--------|-------|--------|----------|-------|--------|
| B. i. Wulfring DP      | 24,7%      | 23,8%         | 22,4%  | 0,6%  | 49,8%  | 6,9%     | 12,6% | 13,5%  |
| Wulfring RP            | 62,6%      | 9,6%          | 18,4%  | 7,5%  | 20,3%  | 15,1%    | 38,1% | 26,2%  |
| B.a. Wulfring DP       | 61,6%      | 75,6%         | 40,4%  | 0,2%  | 30,9%  | 14,2%    | 12,3% | 23,3%  |
| Wulfring RP            | 65,8%      | 51,6%         | 25,4%  | 1,9%  | 15,4%  | 23,1%    | 22,9% | 29,1%  |
| B.i. Gem DP            | 41,6%      | 30,6%         | 28,4%  | 0,7%  | 21,8%  | 15,7%    | 33,9% | 22,5%  |
| Gem RP                 | 91,6%      | 34,1%         | 39,7%  | 1,5%  | 11,6%  | 34,4%    | 42,7% | 44,9%  |
| B.a. Gem DP            | 38,2%      | 51,5%         | 33,6%  | 0,3%  | 31,7%  | 19,1%    | 21,2% | 43,0%  |
| Gem RP                 | 80,6%      | 54,2%         | 50,9%  | 0,4%  | 26,8%  | 24,2%    | 19,9% | 37,8%  |
| B.i. Fusion R+G gr. DP | 80,7%      | 73,1%         | 62,3%  | 3,6%  | 7,1%   | 23,3%    | 34,6% | 15,4%  |
| Fusion R+G gr. RP      | 59,9%      | 68,0%         | 92,8%  | 1,9%  | 4,7%   | 40,7%    | 55,7% | 27,6%  |
| B.a. Fusion R+G gr. DP | 96,0%      | 53,8%         | 65,7%  | 0,4%  | 4,7%   | 31,3%    | 26,0% | 31,0%  |
| Fusion R+G gr. RP      | 73,8%      | 47,0%         | 66,8%  | 0,5%  | 3,4%   | 37,3%    | 34,9% | 30,4%  |
| B.i. Pola kl. DP       | 18,9%      | 45,5%         | 38,1%  | 63,8% | 24,3%  | 15,6%    | 23,3% | 27,1%  |
| Pola kl. RP            | 21,4%      | 61,9%         | 68,0%  | 49,4% | 34,0%  | 36,0%    | 38,3% | 48,5%  |
| B.a. Pola kl. DP       | 87,0%      | 15,3%         | 16,5%  | 99,9% | 21,9%  | 6,4%     | 19,8% | 8,9%   |
| Pola kl. RP            | 89,5%      | 28,6%         | 19,6%  | 93,3% | 68,7%  | 35,9%    | 41,7% | 29,0%  |
| B.i. R+G kl. DP        | 73,2%      | 51,0%         | 24,2%  | 0,0%  | 29,0%  | 9,4%     | 4,0%  | 17,8%  |
| R+G kl RP              | 74,6%      | 32,7%         | 32,1%  | 0,1%  | 24,5%  | 16,0%    | 15,8% | 18,4%  |
| B.i. R+G kl. DP        | 97,1%      | 53,9%         | 17,9%  | 0,2%  | 1,5%   | 6,5%     | 9,9%  | 12,3%  |
| R+G kl RP              | 52,8%      | 49,4%         | 9,8%   | 1,8%  | 4,4%   | 6,9%     | 22,2% | 9,4%   |

## Korrelationskoeffizienten:

|       |                   | Geschlecht | Brillenträger | schräg | Visus | Sphäre | Zylinder | Kreuz | Maddox |
|-------|-------------------|------------|---------------|--------|-------|--------|----------|-------|--------|
| B. i. | Wulfring DP       | 4,9        | -4,9          | -5,4   | 35%   | -9%    | -24%     | -20%  | -20%   |
|       | Wulfring RP       | -1,8       | -6,0          | -5,1   | 23%   | -17%   | -19%     | -12%  | -15%   |
| B.a.  | Wulfring DP       | 2,0        | -1,2          | -3,5   | 39%   | -13%   | -19%     | -20%  | -16%   |
|       | Wulfring RP       | -1,5       | -2,2          | -4,1   | 31%   | -19%   | -16%     | -16%  | -14%   |
| B.i.  | Gem DP            | 3,8        | -4,7          | -5,2   | 35%   | -16%   | -19%     | -13%  | -16%   |
|       | Gem RP            | -0,4       | -3,8          | -3,6   | 32%   | -21%   | -13%     | -11%  | -10%   |
| B.a.  | Gem DP            | 3,7        | -2,7          | -4,2   | 39%   | -13%   | -17%     | -16%  | -10%   |
|       | Gem RP            | 0,9        | -2,1          | -2,5   | 37%   | -15%   | -15%     | -17%  | -12%   |
| B.i.  | Fusion R+G gr. DP | 1,0        | -1,3          | -2,1   | 27%   | -24%   | -16%     | -13%  | -19%   |
|       | Fusion R+G gr. RP | -1,8       | -1,4          | 0,3    | 30%   | -26%   | -11%     | -8%   | -14%   |
| B.a.  | Fusion R+G gr. DP | 0,2        | -1,9          | -1,4   | 37%   | -26%   | -13%     | -15%  | -13%   |
|       | Fusion R+G gr. RP | -0,8       | -1,8          | -1,1   | 36%   | -28%   | -12%     | -12%  | -14%   |
| B.i.  | Pola kl. DP       | 2,8        | -1,6          | -2,0   | 6%    | 15%    | -19%     | -16%  | -15%   |
|       | Pola kl. RP       | 2,0        | -0,8          | -0,7   | 9%    | 13%    | -12%     | -12%  | -9%    |
| B.a.  | Pola kl. DP       | 0,1        | -1,0          | -1,0   | 0%    | 16%    | -24%     | -17%  | -22%   |
|       | Pola kl. RP       | 0,0        | -0,2          | -0,3   | -1%   | 5%     | -12%     | -11%  | -14%   |
| B.i.  | R+G kl. DP        | 1,1        | -2,0          | -3,8   | 45%   | -14%   | -22%     | -27%  | -18%   |
|       | R+G kl. RP        | -0,8       | -2,3          | -2,5   | 41%   | -15%   | -19%     | -19%  | -18%   |
| B.i.  | R+G kl. DP        | 0,0        | -0,7          | -1,7   | 40%   | -31%   | -24%     | -22%  | -20%   |
|       | R+G kl. RP        | -0,4       | -0,4          | -1,1   | 31%   | -26%   | -24%     | -16%  | -22%   |